Guide de l'utilisateur
Carnet de terrain

Ref 07X04

maïs grain

Pilotez l'irrigation avec la méthode IRRINOV®

Midi-Pyrénées

Sols de boulbènes, d'alluvions perméables et de terreforts

Avec la collaboration de :















Pilotez l'irrigation avec la méthode





Région Midi-pyrénées, Sols de boulbènes, d'alluvions perméables et de terreforts









Elle est conçue pour conduire l'irrigation sur un ensemble de parcelles aux caractéristiques de sol voisines et irriguées par le même matériel.
La méthode a été mise au point par ARVALIS – Institut du végétal en collaboration avec les Chambres d'Agriculture de l'Ariège, de la Haute-Garonne, du Gers, des Hautes-Pyrénées, du Tarn et du Tarn-et-Garonne, de l'INRA de Toulouse et grâce au soutien financier de l'Agence de l'Eau Adour Garonne et du Conseil Régional de Midi-Pyrénées.







3, rue Joseph et Marie Hackin - 75116 PARIS - Tél. 01 44 31 10 00 - Fax 01 44 31 10 10 - www.arvalisinstitutduvegetal.fr

IRRINOV®

La mise en œuvre d'IRRINOV® permet :

- d'assurer une alimentation hydrique sans gaspillage,
- de faire participer au maximum la réserve du sol à l'alimentation en eau de la culture,
- d'obtenir une efficacité maximale de l'irrigation,
- d'obtenir un rendement élevé et une bonne qualité en l'absence de facteurs limitants autres que l'alimentation en eau.

IRRINOV® comprend le Guide de l'Utilisateur et le Carnet de Terrain

- 1ère partie : les éléments d'explication pour utiliser au mieux la méthode IRRINOV®,

- 2ème partie : les stades de la culture à connaître et à repérer,

- 3ème partie :
  * les sols de votre région pour lesquels la méthode est actuellement référencée et son domaine d'utilisation pour **piloter l'irrigation**,
  * les règles de décision pour **piloter l'irrigation** sur ces sols,

- 4ème partie : Le carnet de terrain pour les enregistrements des tensions, pluies, irrigations et stades.

AUTRES OUTILS NÉCESSAIRES

❶ La station de mesure avec des sondes Watermark® et un pluviomètre.
❷ Le boîtier de lecture manuel ou le boîtier enregistreur.
❸ Un outil pour implanter les sondes.

Ces outils sont fournis par Challenge Agriculture.

DOMAINE D'UTILISATION

La méthode est adaptée aux situations où la capacité d'irrigation (ressource en eau, matériel et main d'œuvre) est confortable et permet de couvrir les besoins en eau au moins 8 ans sur 10. Les volumes, les débits nécessaires sont précisés par milieu dans la 3ème partie.
Toutefois, dans des situations où la restriction est modérée, la méthode peut être mise en œuvre et contribuer aussi à une meilleure gestion de l'irrigation.

Sommaire

1ère partie :

IRRINOV®

Les 3 étapes du pilotage avec IRRINOV®

Le déclenchement de l'irrigation

Le déclenchement s'appuie sur le suivi du dessèchement du sol, au moyen de sondes tensiométriques de type WATERMARK® placées à deux profondeurs (30 et 60 cm) ou une seule profondeur (30 cm) pour les sols caillouteux.
Les seuils de tension, à partir desquels l'irrigation doit être déclenchée sont modulés selon :

- le type de sol,
- le stade de la culture,
- la durée du tour d'eau.

La gestion des passages suivants

Elle est basée sur un rythme d'apport correspondant à une dose et un délai de retour adapté

- au type de sol,
- au stade,
- à la région,

et sur une règle d'arrêt momentané en cas de pluie.
Les sondes Watermark® sont utilisées pour moduler le rythme d'apport, sous réserve que :

- les irrigations précédentes reçues par les sondes soient proches des doses moyennes d'irrigation délivrées par le matériel d'irrigation,
- les écarts de tension entre sondes à une même profondeur soient peu importants.

L'arrêt de l'irrigation

Il est décidé en fonction du stade de la culture, des valeurs de tensions en eau du sol et des prévisions météorologiques.

Les seuils de tension conseillés permettent de bien irriguer toutes les parcelles y compris la dernière position du tour d'eau.
Le tour d'eau désigne l'ensemble des positions d'arrosage irriguées par le même matériel.

Des contrôles indispensables

❶ Contrôle de la dose d'irrigation effective-ment délivrée par le matériel
(voir page 15)

❷ Comparaison à la dose reçue par la station IRRINOV®

La méthode IRRINOV® est basée sur la mesure des tensions sur une ***station de mesure dans une parcelle***.

Pour pouvoir se servir des sondes tensiométriques pour décider, il faudra vérifier que la dose d'eau reçue au voisinage des sondes (pluviomètre) est proche de la dose moyenne délivrée par le matériel d'irrigation.

ATTENTION La dose mesurée au pluviomètre n'indique en aucun cas, la dose moyenne délivrée par le matériel, celle-ci devant être évaluée selon la procédure décrite page 15.

Mode d'emploi
de la station de mesure

La station et le choix de son emplacement

La station de mesure

La station de mesure IRRINOV® MAÏS GRAIN comprend :

- des sondes tensiométriques permettant de mesurer la tension en eau du sol,
- un pluviomètre pour connaître la dose d'irrigation reçue par les sondes.



Choix de l'emplacement de la station de mesure dans les parcelles du tour d'eau

La station de mesure permet de gérer l'irrigation sur un ensemble de parcelles irriguées avec le même matériel : un enrouleur, un pivot, une rampe d'irrigation, un ensemble de positions de couverture intégrale constituant un tour d'eau.

Il faudra implanter cette station :

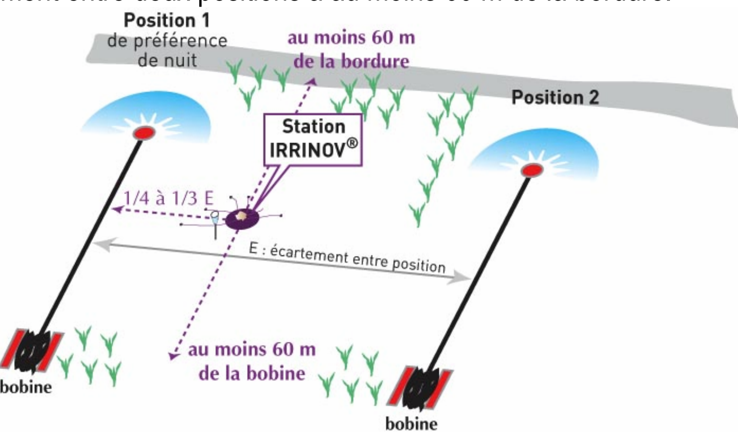
- **en début de tour d'eau sur une position facilement accessible,**
- **sur le sol dominant de l'ensemble des parcelles du tour d'eau.**

Dans tous les cas, le choix de sols "extrêmes" risque de limiter l'intérêt de la méthode. Si vous placez les sondes sur un sol superficiel, alors que le sol dominant est plutôt profond, vous allez mettre trop d'eau en sol profond et elle ne sera pas efficace. Si vous les placez en sol profond et que vous avez quelques hectares en sol superficiel, ce dernier sera mal irrigué.

Choix de l'emplacement du site par rapport au matériel d'irrigation

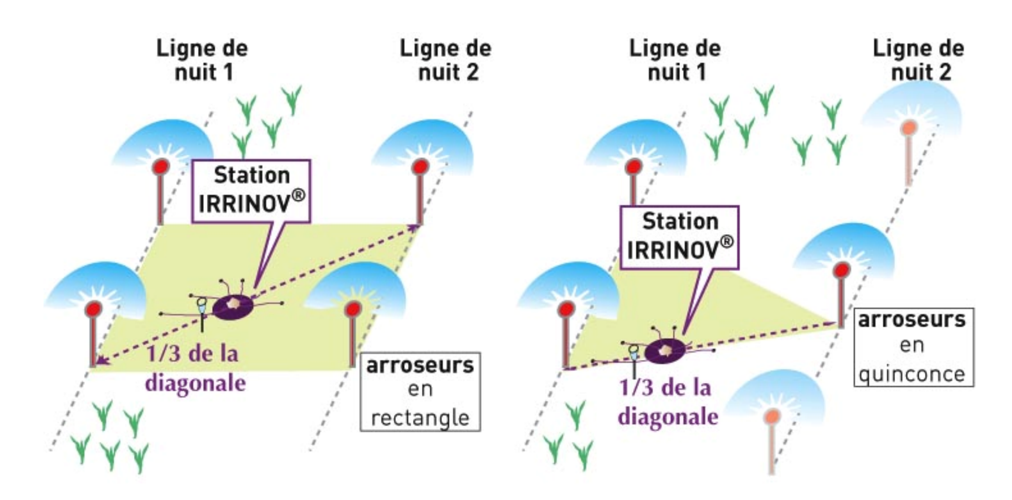
Canon enrouleur

de 1/4 à 1/3 de l'écartement entre deux positions à au moins 60 m de la bordure.



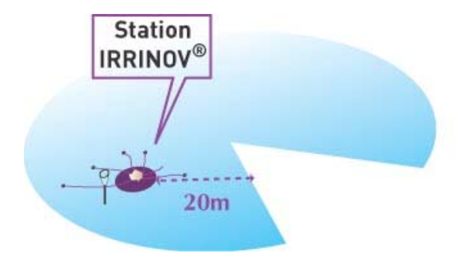
Couverture intégrale : le risque d'hétérogénéité de répartition plus importante avec ce système rend le positionnement des sondes plus délicate

- entre deux lignes d'arroseurs d'une position de nuit impérativement : les sondes recevront ainsi la dose d'irrigation moyenne,
- à un tiers de la diagonale entre deux arroseurs.



Pivot et rampe sur enrouleur et rampe autonome

- entre deux arroseurs de la travée centrale, en évitant les bordures de parcelle,
- à au moins 20 m de l'angle non arrosé si le pivot ne fait pas le tour complet.



La préparation du boîtier de lecture manuelle ou du boîtier enregistreur et des sondes

(source : Challenge Agriculture)

Pour tout problème sur le matériel (sondes, boîtier) contacter Challenge Agriculture.
Les tensions des sondes seront lues avec un boîtier de lecture manuelle ou avec un boîtier enregistreur.

Préparation du boîtier de lecture manuelle

Principe de fonctionnement du boîtier Watermark®

Le boîtier permet de lire la tension de l'eau dans le sol. Pour avoir une mesure précise, il est impératif d'afficher sur le boîtier la température du milieu dans lequel se trouve la sonde : l'eau pour les tests préalables puis le sol en situation de mesure au champ.

Alimentation électrique du boîtier Watermark®

Changer la pile de 9 volts tous les ans. Il est conseillé de déposer la pile en fin de saison. Pour cela, dévisser les quatre vis au dos du boîtier, déposer le couvercle et connecter la pile.
Attention à une chaleur excessive (dans la voiture en plein été), à une humidité excessive, aux vibrations, à l'électricité statique, …

Vérifier visuellement le bon état des fils, et tester comme suit :

Connecter les 2 pinces croco l'une à l'autre, et effectuer une lecture en cliquant sur READ puis à nouveau sur READ.
L'affichage doit se situer entre –04 et 00 : si c'est le cas, les contacts et les fils sont en bon état.
Sinon, renvoyer le boîtier à Challenge Agriculture.

Tester le boîtier Watermark®

Pour ce test, le réglage de température-sol doit être fixé à 24°C. Pour changer le réglage de température-sol, presser et tenir TEMP, et presser et tenir READ. La valeur de la température défile. On relâche lorsque la valeur souhaitée est atteinte.
Pour tester le boîtier, presser et tenir TEST et presser READ.
La valeur affichée doit être comprise entre 95 et 105 cbar.
Sinon, renvoyer le boîtier à Challenge Agriculture.









Photos ©ARVALIS - Institut du végétal et ©Challenge Agriculture

Préparation du boîtier enregistreur



Le boîtier enregistreur Monitor est préalablement paramétré à partir d'un ordinateur, grâce au logiciel Watergraph (livré avec sur CD), via le câble série. Ainsi, on désigne les sondes connectées et on fixe la fréquence des relevés à effectuer. Puis, on installe le Monitor ainsi paramétré au champ, et on connecte les sondes de manière étanche.

Préparation des sondes

Identifier les sondes



En effet un coefficient correcteur est affecté à chaque lot de sondes : il permet, à partir de la valeur lue avec le boîtier, de calculer la valeur de la tension en cbar. Ce coefficient vous sera communiqué par Challenge Agriculture, lors de l'envoi des sondes.
Par ailleurs le distributeur annonce une durée de vie de 5 ans pour les sondes.
Pour ces deux raisons il est impératif de noter l'année d'achat sur le PVC avec un feutre indélébile.

Préparation et vérification des sondes Watermark®



- Le tube PVC peut-être raccourci ou rallongé, selon les besoins.
- Inspecter le capteur de la sonde. Si vous détectez des trous dans la feutrine, la sonde est inutilisable.

La veille de l'implantation

Plonger les sondes dans un seau dans un local chauffé (pour que l'eau soit à une température proche de 18°C) pendant une nuit maximum. Une immersion prolongée accélèrerait le "vieillissement" des sondes.

Lecture des sondes après une nuit de trempage dans l'eau



Photos ©ARVALIS - Institut du végétal et ©Challenge Agriculture

- afficher la température de l'eau 18°C sur le boîtier
- une pince croco mord chaque cosse, sans se toucher.
- cliquer sur READ pour réveiller le boîtier : -- puis aussitôt :
- cliquer à nouveau sur READ. Le résultat s'affiche au bout de quelques secondes.
- la valeur sur une sonde saturée doit être comprise entre 0 et 10 cbar ; sinon la sonde est inutilisable.

Dernière préparation avant la pose

➢ veiller à vider l'eau qui se trouve dans le tube avant la mise en place des sondes.

➢ un capuchon doit chapeauter obligatoirement le haut du tube PVC pour éviter que de l'eau ne pénètre : fixer ce capuchon avec du « chatterton ».

➢ les sondes doivent être saturées en eau avant d'être posées. S'il s'écoule quelques jours entre le test des sondes et l'installation au champ : **conserver les sondes au sec** pendant ces quelques jours et les saturer à nouveau la nuit avant l'installation.



La mise en place de la station de mesure IRRINOV® MAÏS GRAIN

La station de mesure IRRINOV® MAÏS GRAIN

Elle comprend 4 à 6 sondes selon le type de sol choisi et un pluviomètre : 3 sondes à 30 cm de profondeur et 3 sondes à 60 cm ou si le sol est caillouteux 4 sondes à 30 cm.

➢ Placer les sondes dans une zone où le peuplement est correct. Eviter les trous !

➢ Eviter les passages de roues.

➢ Regrouper les sondes dans une même zone : les positionner à 20 cm du rang de maïs et mettre chaque sonde dans un inter rang différent en arc de cercle par rapport au piquet supportant les fils des sondes.

Installer tôt les sondes dans un sol frais

Si vous ne binez pas le maïs et si vous n'incorporez pas d'engrais dans le sol avec un coutre après la levée, installez vos sondes dès le stade 5 feuilles visibles.

Dans le cas contraire, installez vos sondes immédiatement après le dernier passage d'outil qui travaille le sol.

Pose des sondes

Réaliser un pré-trou de la profondeur prévue pour la sonde

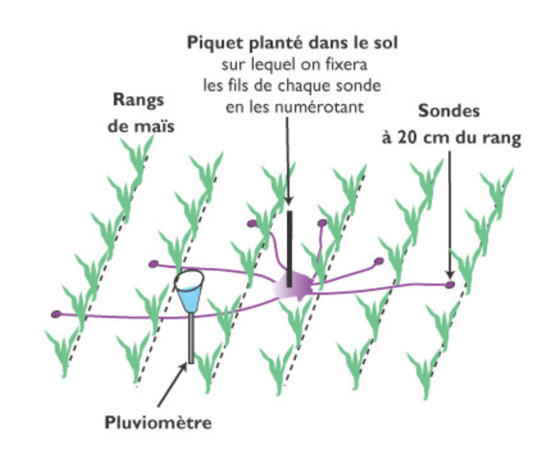
➢ Sols sans cailloux : avec la tarière-vrille. Éviter de "saturer" la tarière : ne pas l'enfoncer de plus de 10 cm à la fois pour ne pas tasser les parois du trou. Ne pas peser sur le manche, la simple rotation suffit.

Pour la remonter : continuer à tourner dans le même sens que la descente.

➢ Sols caillouteux : avec une barre à mine que vous pouvez réaliser vous-même, en lui donnant exactement les formes et les dimensions de la sonde.

Souder deux poignées qui serviront à la tourner pour la remonter.

Repérer les profondeurs 30 et 60 cm avec un scotch de couleur sur la tarière ou la barre à mine.



Un bon contact sol-sonde est impératif

➢ Respecter la structure du sol.
➢ Ne pas créer de milieu artificiel autour de la sonde : ne pas verser de boue dans le trou. Le sol en place foré au diamètre exact est préférable, d'où l'intérêt d'utiliser les outils spéciaux vendus avec les sondes Watermark® (tarière-vrille). Ces outils permettent de faire un pré-trou exactement du diamètre de la sonde, à savoir 22 mm sur 8 cm au fond, puis 25 mm jusqu'à la surface du sol.

Praliner la sonde avec de la boue.

Descendre lentement la sonde sans jamais forcer.
On doit sentir la sonde serrer et talonner au fond, elle ne doit pas flotter.

Refermer le sol avec les pouces autour du tube.
Les sondes sont équipées de 3 m de fil ce qui permet de les lire à distance, sans piétiner autour.





Installation du piquet de lecture ou du boîtier enregistreur

➢ Relier les fils de chaque sonde à un piquet planté dans le sol. Puis numéroter les sondes en repérant à quelle profondeur chaque numéro de sonde se trouve.
Relier tous les fils des sondes sur un piquet facilite la lecture et évite de piétiner la culture autour des sondes

➢ En cas de lecture automatique avec le Monitor, enfoncer de 60 cm dans le sol un solide jalon en bois mesurant 100 cm, en guise de pied parfaitement vertical. Visser une tablette parfaitement horizontale en contre plaqué de 30 cm x 30 cm. L'enregistreur sera vissé sur le pied.

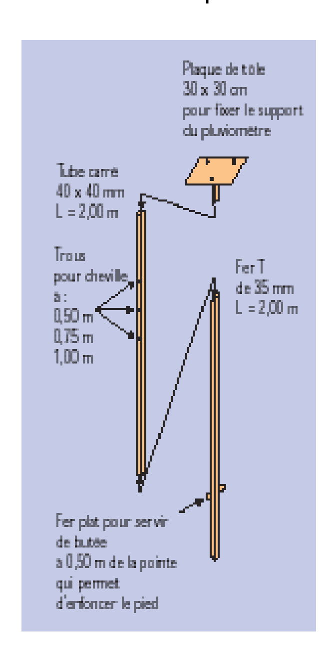
Installer le pluviomètre à proximité des sondes

➢ de manière à ce que sa lecture soit possible sans piétiner le sol autour des sondes.

Veiller aussi en cours de campagne à ce que le pluviomètre soit toujours au-dessus de la végétation : casser quelques panicules si nécessaire.

Plan d'un pied télescopique pour pluviomètre maïs

Le pluviomètre devra être placé sur un pied télescopique permettant de le maintenir au-dessus de la végétation. Le pluviomètre est à lecture directe et de surface de réception de 400 cm².



La lecture des sondes

Lecture manuelle

Fréquence de lecture

La lecture peut débuter deux à trois jours après l'installation des sondes.

Fréquence de lecture avant la première irrigation : une fois par semaine puis tous les 2-3 jours dès que les conditions climatiques deviennent sèches.

En cours de campagne d'irrigation, les tensions seront utilisées pour confirmer ou pas la reprise d'un tour d'eau, à deux conditions :

❶ les doses des irrigations précédentes reçues par les sondes sont proches des doses d'irrigation moyennes délivrées par le matériel *(voir page 15)*,

❷ il n'y a pas plus de 30 cbar d'écart entre les différentes sondes d'une même profondeur.

Lecture des sondes : comment procéder ?

❶ Afficher la température du sol sur le boîtier : ces températures dépendent de la région et de la période ; elles sont données dans la 3ème partie du guide.

- pour vérifier le réglage de température, presser et tenir TEMP,
- pour changer le réglage de température, presser et tenir TEMP, et presser et tenir READ. Relâcher quand la valeur souhaitée est atteinte.

❷ Lire les sondes : cliquer sur READ, sans tenir

Gamme de mesure : de 0 à 200 centibars (= valeurs lues multipliées par le coefficient qui vous a été communiqué par Challenge Agriculture).

- 0-10 centibars : sol saturé en eau,
- 10-20 centibars : sol ressuyé
- 20-140 centibars : réserve en partie consommée (gamme dans laquelle se trouve le seuil de déclenchement du tour d'eau),
- 140-199 centibars : sol sec

Sondes : noter les valeurs sur le carnet de terrain

Noter donne l'avantage de :

- pouvoir suivre l'évolution des mesures et donc de prévoir une date probable de déclenchement de l'irrigation quelques jours avant,

- conserver l'information pour réaliser un bilan de l'irrigation après la campagne.

Pour chacune des profondeurs, repérer la valeur de tension atteinte par deux sondes sur trois *(cf. exemple).* C'est elle qui sera retenue pour décider.

Reporter ces valeurs sur un graphique qui servira en particulier lors du bilan de campagne.

Exemple :

	3 sondes à 30 cm			3 sondes à 60 cm		
Sonde n°	1	2	3	4	5	6
10/07	**36**	40	30	25	**20**	19
	36 : Valeur atteinte par 2 sondes sur 3 à 30 cm			20 : Valeur atteinte par 2 sondes sur 3 à 60 cm		
	Tension à 30 cm en cbar = 36 x 1,7* = 61 cbar			Tension à 60 cm en cbar = 20 x 1,7* = 34 cbar		

61 cbar à 30 cm, 34 cbar à 60 cm sont les tensions en cbar, qui seront retenues pour décider en fonction des seuils.

**** multiplier la valeur lue par le coefficient correcteur pour obtenir la tension en cbar : 1,7 est le coefficient correcteur des sondes 2003.***

Le coefficient correcteur est propre à chaque lot de sonde :
1 pour les sondes achetées avant 2002
1,5 pour les sondes 2002
1,7 pour les sondes 2003
1 pour les sondes 2004
1,2 pour le lot F05 vendu jusqu'en 2006

Réaliser au minimum les mesures de tension suivantes :

❶ Avant chaque irrigation pour confirmer ou pas le début d'un nouveau tour d'eau,

❷ 24 h à 36 h après chaque irrigation pour connaître l'efficacité de celle-ci (éviter les mesures à moins de 24 h, peu stables),

❸ Après des pluies significatives pour connaître leur efficacité.

Lecture avec le boîtier enregistreur

Vous pourrez visionner les enregistrements selon votre choix et en particulier :

- ➢ avant de déclencher le premier tour d'eau,
- ➢ en cours de campagne, pour décider de la reprise d'un tour d'eau,
- ➢ et pour apprécier l'efficacité d'une pluie.

Le boîtier enregistreur Monitor stocke les relevés qu'il effectue quotidiennement. Pour récupérer les données, 2 possibilités. On déplace Monitor vers un ordinateur fixe. Des connecteurs rapides quart de tour permettent un découplage rapide. Ou bien, ordinateur portable vers le Monitor.

Les données sont corrigées du coefficient correcteur de fabrication.



Photos ©Challenge Agriculture

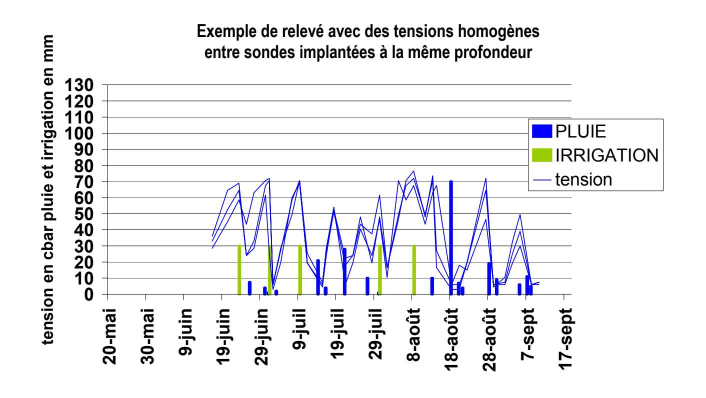
Comportement normal des tensions et problèmes possibles

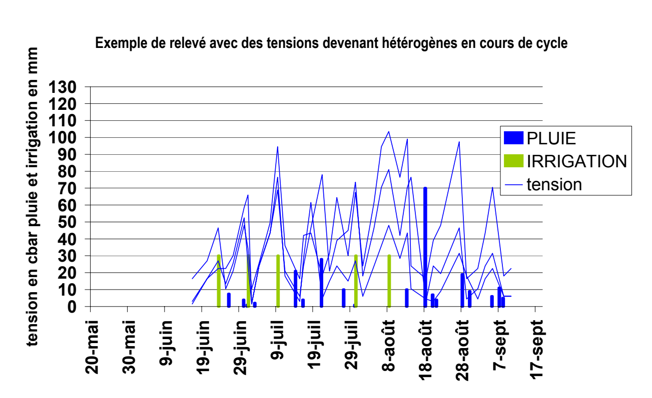
Comportement normal des tensions

En début de cycle, seules les tensions à 30 cm montent : elles servent pour le déclenchement de l'irrigation. Ce n'est que plus tard après le stade 12 feuilles que les tensions à 60 cm commencent à monter. Ceci généralement moins vite que les tensions à 30 cm.

L'hétérogénéité des valeurs de tension

Un écart de 10 à 20 cbar de tension entre deux sondes situées à la même profondeur est normal. Ce niveau d'écart est d'ailleurs assez fréquent. C'est pourquoi il est proposé dans la méthode IRRINOV® d'installer 3 ou 4 sondes par niveau de profondeur. On décide alors, quand deux sondes sur trois ou trois sondes sur quatre ont atteint des valeurs seuils : les valeurs anormales ne sont pas prises en compte.





Les problèmes possibles et les solutions

➢ Les sondes montent très vite juste après la pose :

- soit le sol est déjà très sec, et les sondes ont donc été posées trop tard.
- soit les sondes sont mal posées, il y a de l'air entre le sol et les sondes, d'où un défaut de contact sol-sonde. Il faut alors recommencer la pose.

➢ Valeur lue 199 cbar :
Cette valeur de tension indique un problème de contact électrique : vérifier l'état des cosses.

➢ Les sondes d'une même profondeur donnent des valeurs très différentes :
Un écart de 10-20 cbar entre deux sondes d'une même profondeur est normal. En revanche, un écart dépassant 30 cbar et augmentant continuellement devient suspect. Il peut s'expliquer par le mauvais fonctionnement d'une ou plusieurs sondes dû à :

- un mauvais contact sonde-sol,

- l'absence de racines autour de la sonde,

- une rupture du contact sol-sonde, dans certains sols argileux à fissuration importante, lorsque la tension dépasse 90-120 cbar.

La lecture du pluviomètre et la représentativité des sondes

➢ Noter les irrigations et les pluies sur le carnet de terrain

➢ Vider le pluviomètre après chaque lecture : ne pas le vider sur les sondes !

➢ Vérifier que la dose d'irrigation lue dans le pluviomètre (donc reçue par les sondes) est proche de la dose d'irrigation moyenne du tour d'eau (cf. "contrôle de la dose d'irrigation moyenne délivrée par le matériel d'irrigation" page 15).

- si l'écart est inférieur ou égal à 15 % de cette dose à chacune des irrigations, les sondes sont représentatives des parcelles du tour d'eau. Sinon les sondes sont "sur-irriguées" ou "sous-irriguées".

- si l'écart reste modéré, en tenir compte dans l'interprétation des tensions.

- si l'écart est important et se répète dans le même sens, identifier la cause : vent, réglage du matériel, emplacement de la station.



Photos ©Challenge Agriculture

La dépose du matériel

Dépose des sondes

Dès que l'irrigation est devenue inutile, les sondes peuvent être retirées du sol. Il faut les sortir délicatement pour éviter de les détériorer.
Pour faciliter la dépose :

- Enlever le capuchon,

- Remplir d'eau les tubes de sonde si le tube possède des trous en bas, juste au-dessus de la sonde (sondes vendues depuis 1999),

- Sinon faire 1 ou 2 trous parallèles à proximité de la sonde avec la tarière qui a servi à les installer,

- Puis, y verser de l'eau (quelques litres) en vue d'humidifier le sol pour permettre ensuite l'extraction de la sonde,

- Ôter la sonde quelques minutes après avoir versé l'eau. Tirer droit sans tourner (risque de décollement de la sonde).

Ne pas forcer pour ôter les sondes (si nécessaire, remettre de l'eau et attendre un peu).

Entretien des sondes

- Nettoyer les sondes à l'eau,

- Les laisser sécher,

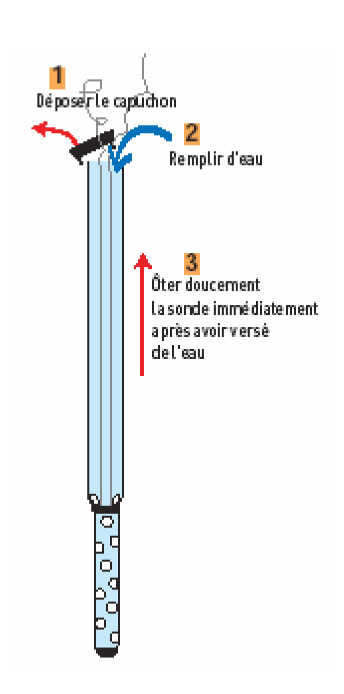
- Puis les stocker, enveloppées dans un sachet plastique, dans un endroit sec jusqu'à l'utilisation suivante.

Hivernage du boîtier de lecture manuelle et du boîtier enregistreur

- Ôter la pile, et stocker à l'abri de la poussière, dans un endroit bien sec.



Photos ©Challenge Agriculture



Contrôle de la dose d'irrigation moyenne délivrée par le matériel

La mise en œuvre de la méthode IRRINOV® MAÏS GRAIN suppose une bonne maîtrise du matériel d'irrigation à savoir la connaissance de la dose d'irrigation moyenne et une répartition spatiale satisfaisante. Le pluviomètre de la station de mesure ne permet en aucun cas de contrôler la dose moyenne. Il est donc nécessaire de réaliser les contrôles décrits ci-dessous. Une fois cette dose connue, on doit vérifier que les sondes reçoivent cette dose à 15 % près (pluviomètre) lors de chaque irrigation. Dans le cas contraire se reporter page 13.

Cas du canon enrouleur

Le contrôle ci-dessous est à réaliser même si votre enrouleur est muni d'une régulation électronique d'avancement. En effet la dose n'est juste que si les valeurs entrées dans la régulation sont exactes (pression, diamètre de la buse, écartement entre passages) et en l'absence de patinage trop important. Par ailleurs la dose n'est stable que si la pression reste stable.

$$\textbf{Dose en mm} = \frac{V}{L \times E} \times 1\,000 = \frac{D \times t}{L \times E} \times 1\,000$$

D = débit en m^3/h
t = durée de la position en heures
V = volume en m^3
L = longueur de la position en mètres
E = écartement entre deux passages de canon en mètres

L'utilisation d'un compteur facilitera l'évaluation du volume V pourvu toutefois qu'il n'y ait qu'un matériel d'irrigation en fonctionnement. On relèvera la valeur du compteur en début de position et en fin de position.

Dans le cas contraire, il faut mesurer la pression au canon à l'aide d'un manomètre. On pourra en déduire le débit D en utilisant les abaques des constructeurs. Il faut cependant que la pression reste stable sans quoi le débit et la dose seront variables.

Marque + type canon :	Contrôle 1	Contrôle 2	Contrôle 3
Diamètre buse (mm ou pouce)			
Pression canon (bar)			
Stable (oui-non)			
Volume en m^3 : compteur			
Ou D débit m^3/h : abaque Et t durée de la position (h)			
Calcul D x t = V			
L longueur PET déroulé (m)			
E écartement entre deux passages (m)			
Dose en mm = $\frac{V}{L \times E} \times 1\,000 = \frac{D\,t \times 1000}{L \times E}$			

Cas du pivot, de la rampe sur enrouleur ou autonome

$$\textbf{Dose en mm} = \frac{D \times t}{S} \times 1\,000 = \frac{V^{*}}{S} \times 1\,000$$

D = débit en m^3/h
t = durée de la position en heures
S = surface de la position en m^2
V = volume en m^3

	Contrôle 1	Contrôle 2	Contrôle 3
D débit m^3/h			
t durée arrosage en heures			
S surface arrosée en m^2			
Dose en mm = $\frac{D \times t}{S} \times 1\,000 = \frac{V}{S} \times 1\,000$			

* *V peut être déterminé avec le compteur*

Cas de la couverture intégrale

$$\textbf{Dose en mm} = \frac{D \times t}{l \times L} \times 1000 = \frac{V}{l \times L}$$

D = débit en m^3/h d'un arroseur
t = durée de la position en heures
V = volume en m^3 délivré par un arroseur pendant t
l = largeur de la maille en mètres (intervalle entre deux arroseurs)
L = longueur de la maille en mètre (intervalle entre deux lignes)

Marque + type arroseur :	Contrôle 1	Contrôle 2	Contrôle 3
∅ buse (mm ou pouce)			
Pression (bars)			
D Débit m^3/h			
t durée de la position (h)			
Mode d'obtention du volume V : D par abaque + t durée position ou Compteur			
l largeur de la maille en m			
L longueur de la maille en m			
Dose en mm = $\frac{D \times t}{l \times L} \times 1\,000$			

L'utilisation d'un compteur facilitera l'évaluation du volume (*V= volume passé pendant la durée de la position divisé par le nombre d'arroseurs de la position*).

En l'absence de compteur, il faudra mesurer la pression en tête de tertiaire avec un manomètre et soustraire à cette valeur environ 0,6 bar (perte de charge) si la ligne comporte 10 à 12 arroseurs. On pourra en déduire le débit *D* en utilisant les abaques des constructeurs. La stabilité de la dose dépend de la stabilité de la pression.

2ème partie :

LES STADES DE LA CULTURE

A REPERER

3 stades à repérer pour IRRINOV® MAÏS GRAIN : 10 feuilles, floraison femelle et humidité du grain 50 %

Mise en place d'une placette d'observation des stades "10 feuilles" et "floraison femelle"

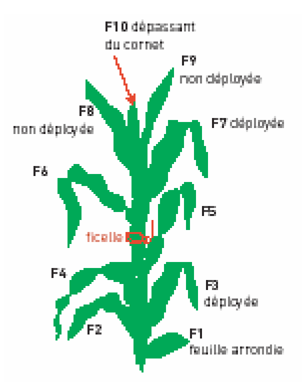
Une placette de 10 plantes consécutives sur 1 rang sera utilisée pour la détermination des stades « 10 feuilles » et « floraison femelle ».

Elle doit être mise en place au stade 7 feuilles visibles (y compris celles dans le cornet).

Choisir un rang représentatif du peuplement et du stade dominant et repérer 10 plantes consécutives.
Délimiter la placette par des piquets, pour un repérage plus facile de la placette.

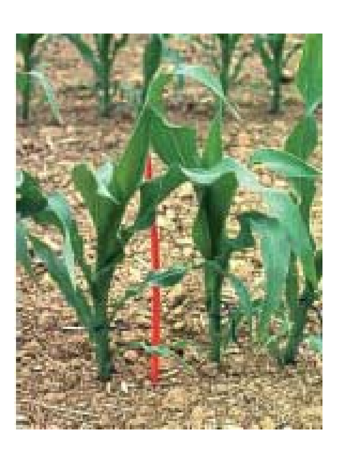
Repérer la 5ème feuille ligulée, y compris la 1ère feuille arrondie à la base (nouer une ficelle au-dessus ou marquer au feutre ou couper l'extrémité). Les feuilles du bas se dessèchent en effet rapidement. Cette marque permettra ensuite de compter les feuilles facilement et sans erreur.

Stade "10 feuilles visibles"



Il constitue le début de la période de sensibilité au stress hydrique. Avant ce stade, l'irrigation n'est pas nécessaire, sauf en cas de levée difficile ou pour l'azote.

Ce stade est atteint quand la 10ème feuille est visible sur la moitié des pieds. Sont comprises dans les 10 feuilles :
- la feuille arrondie à la base,
- les feuilles complètement déployées dont la ligule est visible,
- les feuilles dans le cornet non complètement déployées.



Détermination de ce stade :

➢ Dès que 8 feuilles sont visibles, effectuer 3 passages à 2 jours d'intervalle pour repérer le stade qui est atteint quand 50 % des pieds ont 10 feuilles visibles. *Voir la feuille de notation dans le carnet de terrain.*

Stade "floraison femelle"



Ce stade est atteint dès que les premières soies sont visibles sur la moitié des pieds.

Détermination de ce stade :

➢ Elle sera réalisée sur la placette de 10 pieds consécutifs.
➢ Dès la sortie des premières soies, prévoir des comptages tous les deux jours jusqu'à ce que le stade soit atteint. *Voir la feuille de notation dans le carnet de terrain.*



Stade "humidité du grain 50 %"



C'est le stade repère intéressant pour décider la fin des irrigations.

ATTENTION *Il ne s'agit pas du stade "point noir" qui intervient beaucoup plus tard et correspond à la fin des migrations vers le grain.*

La réalisation de ce stade dépend d'une somme de températures depuis la floraison femelle en fonction de la précocité (tableau suivant).

Tableau : sommes de températures base 6-30 depuis la floraison femelle pour atteindre le stade "humidité du grain 50 %" selon la précocité

Groupe de précocité	Degrés-jours base 6-30	Exemples de variétés
Précoces	500 à 540	MENUET, PANTHER NEXXOS, DK287, DKC3420
Demi-précoces C1	540 à 580	CENTENA, DK291 DK312, DK315
Demi-précoces C2	570 à 630	KUXXAR, MASABA TEXXUD
Demi-tardives	600 à 660	SAXXOO, PR38A24 PR37Y15, DKC5050
Tardives et très tardives	650 à 700	PR36B08, DK532, ES PAOLIS PR35Y65 DK604, GOLDASTE

C'est pourquoi la détermination précise de la date de floraison femelle de vos parcelles est essentielle !

CALCULER LA SOMME DE TEMPÉRATURES
en degrés-jours en base 6-30 depuis la floraison femelle : jour par jour
❶ **Calculer la température moyenne : (Tmin +Tmax) / 2 en écrêtant Tmax à 30°C**
(si Tmax est supérieure à 30, remplacer Tmax par 30)
❷ **Puis retrancher 6°C à cette moyenne pour obtenir une valeur journalière**
❸ **Faire le cumul** (somme des valeurs journalières) **depuis la floraison**

A RETENIR :

Entre 55 et 45 % d'humidité du grain :

- il faut 16 degrés-jours (base 6/30) en moyenne (13 à 18 dj) pour perdre un point d'humidité,

- en conditions climatiques normales fin août début septembre, la vitesse de dessiccation du grain est en moyenne de 0,9 point par jour (0,8 à 1,1).

Comment déterminer le stade "humidité du grain 50 %" ?

- Les **avertissements irrigation**

Ils publient, à partir de la mi-août, une estimation de l'état d'avancement des cultures de maïs basée sur :

- des sommes de températures depuis la floraison femelle et depuis le semis pour une gamme de dates de semis et de variétés représentatives de la région,

- l'avancement effectif de parcelles de référence avec les informations ci-dessus plus les humidités mesurées par prélèvement et passage à l'étuve à plusieurs dates.

Certains proposent une estimation prévisionnelle des dates d'obtention du stade 50% d'humidité (et peuvent indiquer la vitesse d'évolution de l'humidité dans les différents cas).

Vous pouvez donc situer vos maïs par rapport à ce référentiel. L'estimation du stade de vos maïs sera d'autant plus précise que vous aurez noté avec précision la **date de floraison femelle** et que vos conditions de sol, climat et de cultures (variété, date de semis, alimentation en eau) sont proches de celles d'une parcelle de référence.

- Une méthode par **observation morphologique** des grains que vous pouvez pratiquer vous-même sur vos propres maïs.

La combinaison des deux sources d'information permettra de conforter l'estimation.

Détermination du stade "humidité du grain 50 %" par observation morphologique

Choisir une **zone représentative** (sans pieds manquants ni malades).

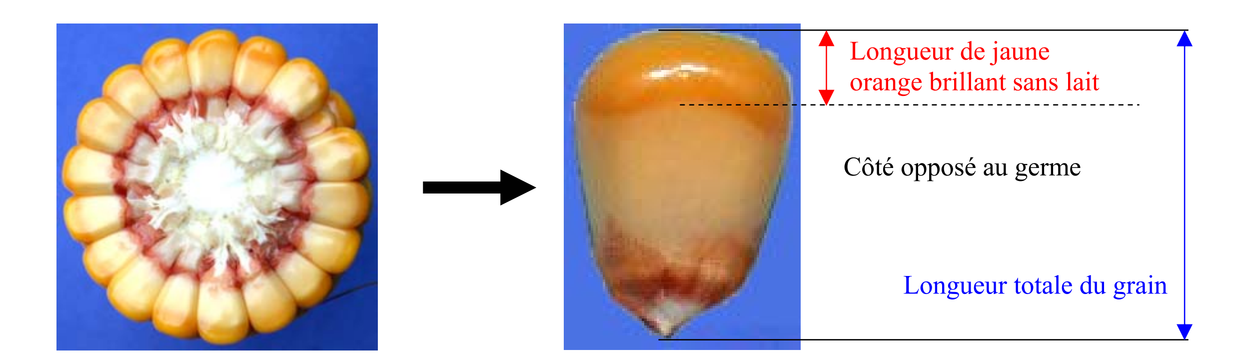
Sur **3 rangs contigus**, prélever **5 épis normaux par rang** et enlever les spathes.

Casser chacun des épis en deux parties égales : l'observation visuelle doit être impérativement réalisée sur la **couronne centrale côté pointe de l'épi**.



Repérer sur chaque grain de la couronne la limite entre la **zone jaune orange brillante d'allure vitreuse au sommet du grain, sans lait** et le reste du grain de couleur plus claire et avec du lait (en piquant avec une aiguille et en pressant on voit une goutte perler).

Choisir un **grain représentatif de la couronne** (tous les grains d'une couronne ne sont pas au même état d'avancement), le **détacher** et apprécier sur la ligne médiane du grain côté opposé au germe la **proportion de cette zone jaune orange brillante**.



Comparer le grain choisi aux schémas de la grille de notation présentée ci-après et lui attribuer une note d'observation morphologique (voir la feuille de notation dans le carnet terrain).

ATTENTION : choisir le tableau correspondant à la précocité de votre variété !

Variétés Précoces et Demi-Précoces			
NOTE 1	NOTE 2	NOTE 3	NOTE 4
NB : au sein de la couronne, quelques grains peuvent avoir une zone d'allure vitreuse délimitée	NB : au sein de la couronne, quelques grains n'ont pas encore de zone d'allure vitreuse délimitée	NB : au sein de la couronne, une très grande majorité de grains ont une zone d'allure vitreuse délimitée	NB : 100 % des grains de la couronne ont une zone d'allure vitreuse très clairement délimitée

Variétés Demi-Tardives, Tardives et Très Tardives			
NOTE 1	NOTE 2	NOTE 3	NOTE 4
NB : au sein de la couronne, quelques grains peuvent avoir une zone d'allure vitreuse délimitée	NB : au sein de la couronne, certains grains peuvent ne pas avoir de zone d'allure vitreuse délimitée	NB : au sein de la couronne, une très grande majorité de grains ont une zone d'allure vitreuse délimitée	NB : 100 % des grains de la couronne ont une zone d'allure vitreuse très clairement délimitée

Déterminer le stade du maïs à partir du tableau ci-dessous :

	STADE DU GRAIN
Si la majorité des épis ont la note 1	plus de 50 % d'humidité
Si la majorité des épis ont la note 2	proche de 50 % d'humidité
Si la majorité des épis ont la note 3	moins de 50 % d'humidité
Si la majorité des épis ont la note 4	moins de 45 % d'humidité

3ème partie :

IRRINOV® MAÏS GRAIN

MIDI-PYRENEES

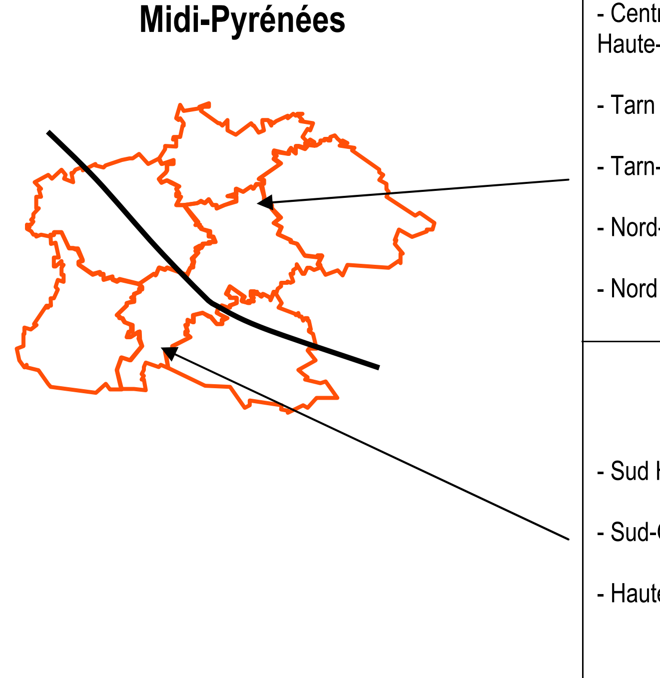
Sols de boulbènes, d'alluvions perméables et de terreforts

Le domaine d'utilisation d'IRRINOV® MAÏS GRAIN

Midi-Pyrénées, sols de boulbènes, d'alluvions perméables et de terreforts

➢ Les règles de décision présentées dans la méthode sont adaptées aux sols de Midi-Pyrénées décrits dans le paragraphe *«identification des sols »* : elles seraient notablement différentes pour d'autres types de sol régionaux et pour des sols équivalents dans d'autres régions.

➢ La méthode est adaptée aux situations où la capacité d'irrigation (ressource en eau et matériel) permet de couvrir les besoins en eau au moins huit années sur dix. Il faut donc disposer au moins des volumes par hectare et des débits suivants pour pouvoir appliquer la méthode avec succès huit ans sur dix. Pour les deux années sur dix les plus sèches, les seuils tensiométriques pourront être respectés à condition de disposer d'une capacité d'irrigation (volume et débit par hectare) supérieure aux capacités décrites ci-après.



Capacité d'irrigation nécessaire pour utiliser IRRINOV®

	Volume	Débit
- Centre et Nord Haute-Garonne - Tarn - Tarn-et-Garonne - Nord-Est du Gers - Nord Ariège	Boulbènes moyennes et profondes et terreforts	
	2 400 m³/ha	**4,3 mm/jour** 30 mm tous les 7 j 26 mm tous les 6 j 21 mm tous les 5 j 13 mm tous les 3 j
	Boulbènes superficielles et alluvions perméables	
	2 700 m³/ha	**5 mm/jour** 25 mm tous les 5 j 20 mm tous les 4 j 15 mm tous les 3 j
- Sud Haute-Garonne - Sud-Ouest du Gers - Hautes-Pyrénées	Boulbènes moyennes et profondes et terreforts	
	2 000 m³/ha	**3,8 mm/jour** 30 mm tous les 8 j 27 mm tous les 7 j 19 mm tous les 5 j 11 mm tous les 3 j
	Boulbènes superficielles et alluvions perméables	
	2 400 m³/ha	**4,5 mm/jour** 27 mm tous les 6 j 18 mm tous les 4 j 13 mm tous les 3 j

Toutefois, dans le cas de restriction modérée, où la capacité est suffisante 7 années sur 10 et où la stratégie d'irrigation est peu modifiée, la méthode peut être mise en œuvre et contribuer à une meilleure gestion de l'irrigation.

L'identification des sols

La méthode IRRINOV® MAÏS GRAIN en Midi-Pyrénées propose des règles de pilotage adaptées aux sols décrits ci-dessous.

Situez votre (vos) parcelle(s) parmi les types de sol décrits ci-après.
Puis utilisez les règles de décision correspondant à votre type de sol.

Les sols de boulbènes sont des sols d'alluvions anciennes situés sur des terrasses alluviales étagées depuis la basse plaine.

Les sols d'alluvions se situent le long des cours d'eau sur leur basse plaine qui peut être inondable. Ce sont des sols jeunes. Certains sols d'alluvions sont caillouteux et perméables, en particulier pour les grandes rivières qui descendent des Pyrénées (Ariège, Garonne, Adour) : ce sont les sols d'alluvions perméables.

Les sols de terreforts sont des sols situés dans les coteaux avec des pentes modérées à importantes.

	Caractéristiques	Nombre de sondes tensiométriques
Boulbènes moyennes et profondes	Sol limoneux à limono-sableux, avec moins de 20 % d'argile, non à peu caillouteux, moyennement profond à profond avec couche argileuse ou argilo-caillouteuse à 50-70 cm de profondeur (boulbène moyenne) ou à plus de 70 cm (boulbène profonde). **Réserve utile 100 à 180 mm**	Posez 3 sondes à 30 cm et 3 sondes à 60 cm
Boulbènes superficielles	Sol limoneux à limono-sableux, avec moins de 20 % d'argile, parfois caillouteux peu profond, avec couche argileuse ou argilo-caillouteuse à partir de 30-50 cm de profondeur. **Réserve utile 50 à 100 mm**	Posez 3 sondes à 30 cm et 3 sondes à 60 cm ou juste au-dessus de l'obstacle à l'enracinement si celui-ci apparaît entre 50 et 60 cm
Alluvions perméables	Sol souvent caillouteux dès la surface, perméable, de texture variable et généralement avec moins de 20 % d'argile, avec couche caillouteuse très perméable à partir de 30-50 cm. **Réserve utile 40 à 80 mm**	Posez 3 sondes à 30 cm et 3 sondes à 60 cm ou entre 50 et 60 cm, profondeur permise par les cailloux
Terreforts	Sols de coteaux argileux (25 à 40 %), souvent calcaire, non à peu caillouteux, moyennement profond (60 à 80 cm) sur molasse à texture variable **Réserve utile 100 à 180 mm**	Posez 3 sondes à 30 cm et 3 sondes à 60 cm

Le comportement des tensions

En sol de boulbènes, d'alluvions perméables et de terreforts

Montée des tensions à 30 cm puis 60 cm

En début de cycle, seules les tensions à 30 cm montent : elles serviront pour le déclenchement des irrigations. Ce n'est que plus tard, après le stade 12 feuilles que les tensions à 60 cm commencent à monter mais généralement moins vite que les sondes à 30 cm.

Autour de la floraison et en fin de cycle :

En sols de boulbènes et de terreforts (figure 1) :
Les tensions à 60 cm montent moins vite que celles de 30 cm. Mais les tensions à 60 cm peuvent atteindre des valeurs parfois plus élevées que les tensions à 30 cm.

En sols d'alluvions perméables (figure 2):
Les tensions à 60 cm montent presque aussi vite que les tensions à 30 cm surtout en fin de cycle. Ceci est d'autant plus vrai que le taux de cailloux est élevé.


Figure 1 - Evolution des tensions en sol de boulbènes

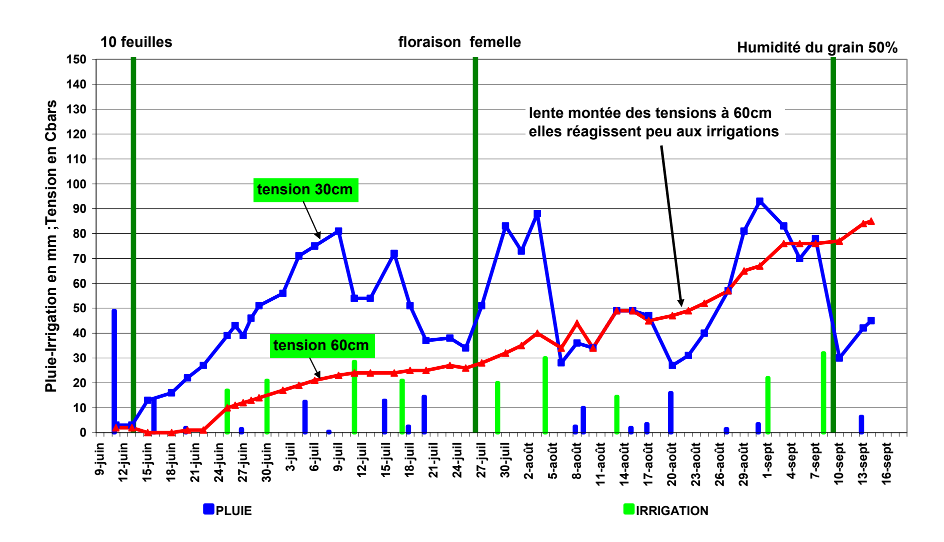
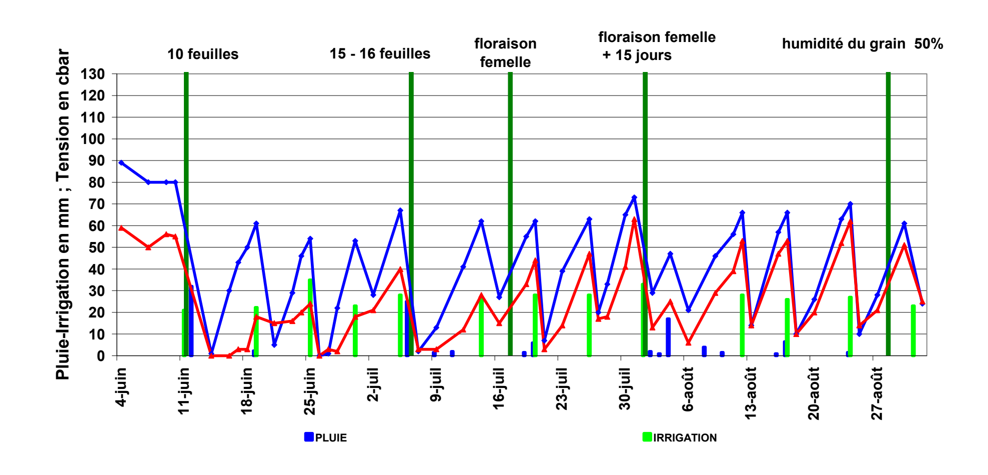


Figure 2 - Evolution des tensions en alluvions perméables avec taux de cailloux moyen à faible



Que se passe-t-il en cas de pluies et d'irrigation ?

➢ En sols de boulbènes et de terreforts, les tensions baissent peu après les irrigations et les pluies :
Les tensions à 30 cm baissent légèrement sauf pour des pluies supérieures à 30-40 mm où elles peuvent atteindre alors des valeurs nulles (figure 1).

Les tensions à 60 cm marquent encore moins les pluies et les irrigations.

En fait le front d'humectation descend peu dans ce type de sol et n'influence que partiellement les tensions à 30 cm et souvent pas du tout les tensions à 60 cm.

Par contre la montée des tensions les jours suivants sera plus lente preuve tout de même de l'efficacité des pluies et des irrigations.

➢ En sol d'alluvions perméables, au contraire, les tensions chutent généralement après les irrigations et les pluies à 0 cbar surtout en début de cycle (figure 2).

Si le sol est peu caillouteux, les chutes de tensions sont moins marquées.

➢ L'évolution des tensions après une pluie ou une irrigation est souvent hétérogène (figure 4) :

Après une pluie ou une irrigation il est assez fréquent de voir des tensions qui "vont dans tous les sens". Des apports de moins de 30 mm ne réhumectent pas toujours le sol de manière homogène.

L'hétérogénéité des valeurs de tension

Un écart de 10 à 20 cbar de tension entre deux sondes situées à la même profondeur est normal. Ce niveau d'écart est d'ailleurs assez fréquent.

C'est pourquoi il est proposé dans la méthode IRRINOV® maïs d'installer 3 sondes par niveau de profondeur. En retenant pour la décision la 2ème valeur sur 3 on ne tient pas compte des valeurs anormales.

Pour les 3 types de sols, ce sont les tensions à 60 cm qui seront les indicateurs d'une bonne participation en eau du sol :

- en sols de boulbènes et de terreforts, elles diminuent peu ou pas après un apport d'eau, moins que celles à 30 cm, et on cherche à les faire augmenter lentement au cours du cycle (figures 1 et 3).

- en sols d'alluvions perméables (figure 2), elles diminuent après un apport d'eau et les valeurs maximales des tensions à 60 cm sont de plus en plus élevées au cours du cycle du maïs.

Figure 3 - Evolution des tensions en sol de terreforts

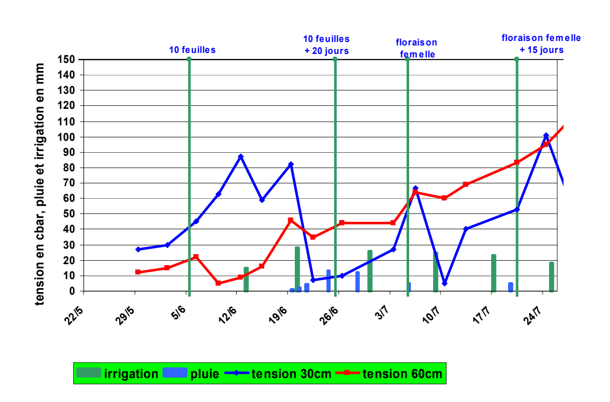
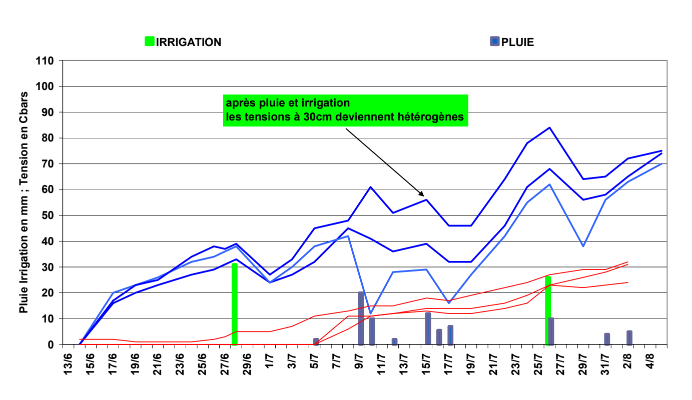


Figure 4 - Evolution des tensions après des pluies et des irrigations



Les règles de décision pour le pilotage de l'irrigation du maïs grain en sol de boulbènes moyennes à profondes

Poser trois sondes à 30 cm et 3 sondes à 60 cm de profondeur à 20 cm du rang entre deux pieds de maïs **sur une position d'irrigation située en début de tour d'eau**.

Avant de lire les tensions, afficher la température du sol sur le boîtier de lecture :

Juin	Juillet	Août	Septembre
18 °C	20 °C	20 °C	19 °C

Irrigation pour limiter les pertes par volatilisation et pour garantir l'absorption d'azote après l'apport au stade 7-8 feuilles.

Apport d'azote sous forme d'urée avec ou sans binage : en l'absence de pluie irriguer 10-15 mm rapidement après l'apport, quand cela est possible avec le matériel d'irrigation disponible.

Irrigation pour permettre une bonne alimentation en eau (règles valables même si l'apport pour dissoudre l'urée a été réalisé).

❶ Déclenchement du premier tour d'eau

Etre vigilant à partir du stade 10 feuilles puis déclencher selon la durée du tour d'eau aux seuils suivants :

	Durée du tour d'eau	
	de 6 à 8 jours	de 3 à 5 jours
Quand 2 sondes sur 3 à **30 cm** ont atteint :	50 cbar	70 cbar
Et quand 2 sondes sur 3 à **60 cm** ont atteint :	0-10 cbar	0-10 cbar
Ou quand la somme « tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 30 cm + tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 60 cm » a atteint :	50-60 cbar	70-80 cbar

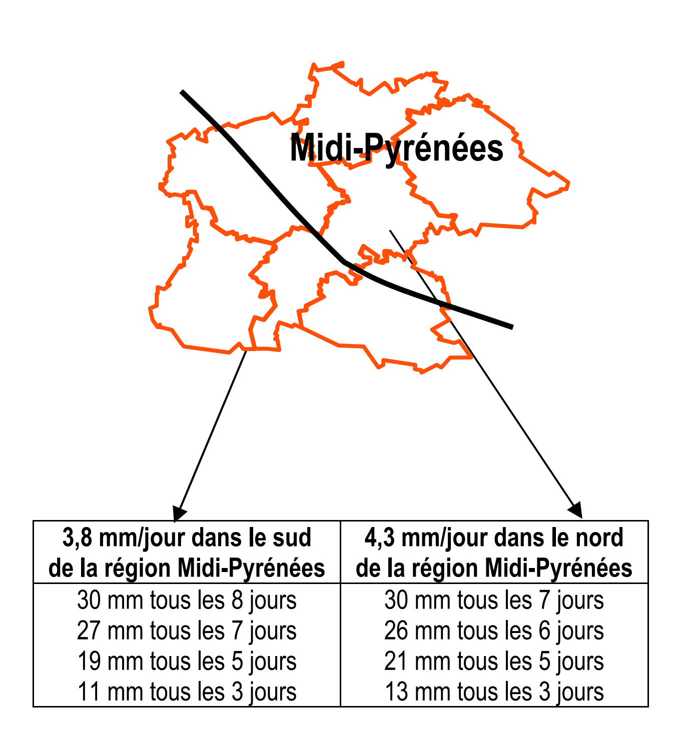
Si la tension à 30 cm ou 60 cm dépasse son seuil alors que celle de l'autre profondeur n'a pas atteint le seuil, veiller à ce que la somme des tensions aux deux profondeurs ne dépasse pas les valeurs indiquées au bas du tableau.

Appliquer pour ce **premier tour d'eau** une dose maximale de **15-20 mm** car le déficit en eau du sol est faible.
Les seuils sont valables de 10 feuilles à 14 feuilles. S'ils ne sont pas atteints au stade 14 feuilles, le déclenchement aura lieu plus tard selon les seuils indiqués dans les tableaux du paragraphe suivant.

ATTENTION Pour obtenir la tension en cbar, multiplier la valeur lue sur les sondes par le coefficient correcteur adapté à chaque lot de sonde

❷ Règle de retour des irrigations en l'absence de pluie

En l'absence de pluie depuis l'irrigation précédente, les tours d'eau se poursuivent selon un rythme d'apport de base sur sol de boulbènes moyennes à profondes de :



3,8 mm/jour dans le sud de la région Midi-Pyrénées	4,3 mm/jour dans le nord de la région Midi-Pyrénées
30 mm tous les 8 jours	30 mm tous les 7 jours
27 mm tous les 7 jours	26 mm tous les 6 jours
19 mm tous les 5 jours	21 mm tous les 5 jours
11 mm tous les 3 jours	13 mm tous les 3 jours

Cependant avant la reprise d'un nouveau tour d'eau : lire les sondes et reprendre le tour d'eau si les seuils de tension des tableaux ci-dessous sont atteints.

ATTENTION Les tensions ne pourront être utilisées que si :
- la dose des irrigations précédentes reçue au niveau des sondes (pluviomètre) est proche de la dose moyenne délivrée par le matériel (page 15),
- les tensions lues à une même profondeur sont proches : moins de 20 cbar d'écart, au moins pour 2 sondes sur 3.

Seuils de tension à atteindre en début de tour d'eau avant de lancer un nouveau tour d'eau.
Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau : ne pas les anticiper

Tour d'eau de 6 à 8 jours	**10 feuilles**	**10 feuilles + 25 jours**	**Floraison femelle**	**Floraison femelle + 15 jours**	**Humidité du grain 50 %**
Quand 2 sondes sur 3 à 30 cm ont atteint :	50 cbar	60 cbar	60 cbar	60 cbar	60 cbar
et 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint :	0-10 cbar	20 cbar	40 cbar	50 cbar	70 cbar
Ou quand la somme «tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 30 cm + tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 60 cm» a atteint :	50-60 cbar	80 cbar	100 cbar	110 cbar	130 cbar

Si la tension à 30 cm ou 60 cm dépasse son seuil alors que celle de l'autre profondeur n'a pas atteint le seuil, veiller à ce que la somme des tensions aux deux profondeurs ne dépasse pas les valeurs indiquées au bas du tableau

Tour d'eau de 3 à 5 jours	**10 feuilles**	**10 feuilles + 25 jours**	**Floraison femelle**	**Floraison femelle + 15 jours**	**Humidité du grain 50 %**
Quand 2 sondes sur 3 à 30 cm ont atteint :	70 cbar	70 cbar	70 cbar	70 cbar	70 cbar
et 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint :	0-10 cbar	30 cbar	50 cbar	60 cbar	80 cbar
Ou quand la somme «tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 30 cm + tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 60 cm» a atteint :	70-80 cbar	100 cbar	120 cbar	130 cbar	150 cbar

Si la tension à 30 cm ou 60 cm dépasse son seuil alors que celle de l'autre profondeur n'a pas atteint le seuil, veiller à ce que la somme des tensions aux deux profondeurs ne dépasse pas les valeurs indiquées au bas du tableau

Après l'irrigation

Les tensions des sondes à 30 cm baissent de 10 à 20 cbar après chaque irrigation, mais pas plus. On constate aussi souvent une hétérogénéité des valeurs plus marquées qu'avant l'irrigation. Ceci est dû à la difficulté de pénétration de l'eau dans les sols de boulbènes et à l'irrégularité de la profondeur du front d'humectation.

Les tensions des sondes à 60 cm ne baissent généralement pas après une irrigation de 15 à 30 mm car le front d'humectation ne descend pas jusqu'à 60 cm.
D'un tour d'eau à l'autre les valeurs des tensions à 60 cm doivent monter (Cf. le tableau des seuils ci-dessus) : c'est la garantie d'une bonne contribution de l'eau du sol donc d'une bonne irrigation.

❸ En cas de pluie

- Inférieure à 10 mm : continuer et finir le tour d'eau.

- Comprise entre 10 et 40 mm : interrompre le tour d'eau avec un jour d'arrêt pour 5 mm de pluie, puis reprendre et finir le tour d'eau. Les sondes placées en début de tour d'eau ayant déjà reçu l'irrigation du tour d'eau en cours, ne sont pas utilisables pour décider quand reprendre. Elles seront par contre utiles pour décider de la reprise du tour d'eau suivant.

- Supérieure à 40 mm et les tensions à 30 cm chutent à 0 cbar ou presque : interrompre le tour d'eau puis reprendre les irrigations quand les tensions à 30 cm et à 60 cm ont atteint les seuils des tableaux précédents.

❹ Décision de dernière irrigation

La décision d'effectuer un dernier tour d'eau sera prise en fonction :

- du stade du maïs
- des tensions dans le sol à ce stade
- des prévisions météo

A partir de la mi-août, avant de recommencer un tour d'eau, repérer le stade du grain en combinant l'**observation morphologique des grains au champ** selon la méthode exposée dans la 2ème partie du guide (page 19) et les références données par les **avertissements irrigation**.

➢ En sols de boulbènes moyennes

- **Premier cas :**

Humidité du grain à plus de 50 % : l'irrigation n'est pas terminée : recommencer un tour d'eau en appliquant les seuils du tableau précédent.

- **Second cas :**

Humidité du grain proche de 50 % :

- Si les ***tensions sont proches ou supérieures aux valeurs seuils*** du tableau précédent : refaire un tour d'eau. Après ce tour d'eau, contrôler le stade du grain pour décider.

- Si les ***tensions sont inférieures aux valeurs seuils*** : suivre l'évolution des tensions ; si elles atteignent les seuils dans les 6 jours qui suivent, faire un contrôle du stade à ce moment-là pour décider.

- **Troisième cas :**

Humidité du grain à moins de 50 % : l'irrigation est terminée.
Cependant, si les ***tensions sont proches des seuils*** et que les ***prévisions météo*** pour la semaine suivante indiquent un temps ***chaud et sec***, reprendre un dernier tour d'eau à dose réduite (15-20 mm).

- **Quatrième cas :**

Humidité du grain à moins de 45 % : la campagne d'irrigation est terminée.

Remarque :
Si la détermination du stade « humidité du grain 50 % » est particulièrement précise (mesure de l'humidité à l'étuve par exemple) : dès que ce stade est atteint, l'irrigation est terminée.
Cependant, si les tensions sont proches des seuils et que les prévisions météo pour la semaine suivante indiquent un temps chaud et sec, reprendre un dernier tour d'eau à dose réduite (15-20 mm).

➢ En sols de boulbènes profondes

- **Premier cas :**

Humidité du grain à plus de 50 % : l'irrigation n'est pas terminée : recommencer un tour d'eau en appliquant les seuils du tableau précédent.

- **Second cas :**

Humidité du grain proche de 50 % :

- Si les ***tensions sont proches ou supérieures aux valeurs seuils*** du tableau précédent : reprendre un dernier tour d'eau à dose réduite (15-20 mm).

- Si les ***tensions sont inférieures aux valeurs seuils*** du tableau précédent: la campagne d'irrigation est terminée. Faire une nouvelle mesure du stade et des tensions dans 4 à 5 jours pour conforter la décision.

- **Troisième cas :**

Humidité du grain à moins de 50 % : la campagne d'irrigation est terminée.

- **Quatrième cas :**

Humidité du grain à moins de 45 % : la campagne d'irrigation est terminée.

Remarque :
Si la détermination du stade « humidité du grain 50 % » est particulièrement précise (mesure de l'humidité à l'étuve par exemple) : dès que ce stade est atteint, la campagne d'irrigation est terminée.

Les règles de décision pour le pilotage de l'irrigation du maïs grain en sol de boulbènes superficielles

Poser 3 sondes à 30 cm et 3 sondes à 60 cm ou juste avant l'obstacle entre 50 et 60 cm de profondeur, à 20 cm du rang entre deux pieds de maïs **sur une position d'irrigation située en début de tour d'eau.**

Avant de lire les tensions, afficher la température du sol sur le boîtier de lecture :

Juin	Juillet	Août	Septembre
18 °C	20 °C	20 °C	19 °C

<u>Irrigation pour limiter les pertes d'azote par volatilisation et pour garantir l'absorption d'azote après l'apport au stade 7-8 feuilles.</u>

Apport d'azote sous forme d'urée avec ou sans binage : en l'absence de pluie irriguer 10-15 mm rapidement après l'apport, quand cela est possible avec le matériel d'irrigation disponible.

<u>Irrigation pour permettre une bonne alimentation en eau (règles valables même si l'apport pour dissoudre l'urée a été réalisé).</u>

❶ Déclenchement du premier tour d'eau

Etre vigilant à partir du stade 10 feuilles, puis déclencher selon la durée du tour d'eau aux seuils suivants :

	de 5 à 6 jours	de 3 à 4 jours
Quand 2 sondes sur 3 à **30 cm** ont atteint :	30 cbar	50 cbar
Et quand 2 sondes sur 3 à **60 cm** ont atteint :	0-10 cbar	0-10 cbar
Ou quand la somme « tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 30 cm + tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 60 cm » a atteint :	30-40 cbar	50-60 cbar

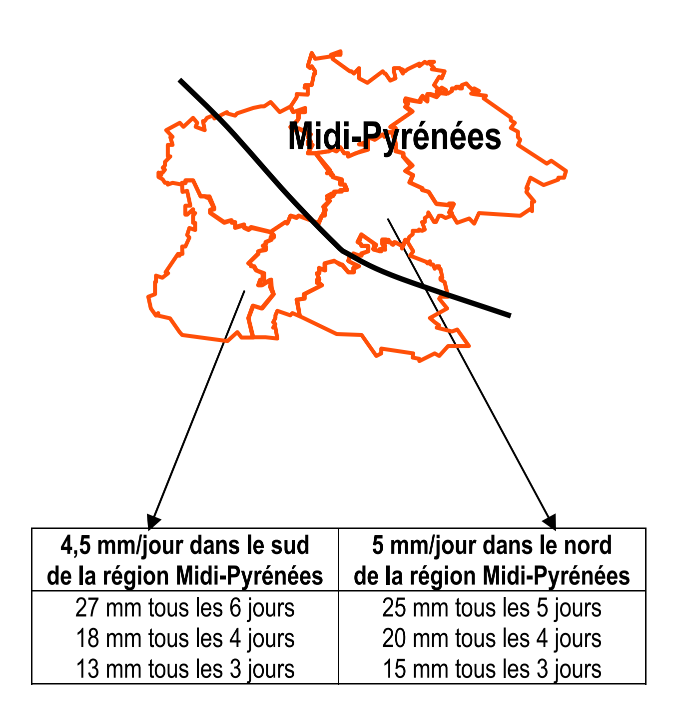
Si la tension à 30 cm ou 60 cm dépasse son seuil alors que celle de l'autre profondeur n'a pas atteint le seuil, veiller à ce que la somme des tensions aux deux profondeurs ne dépasse pas les valeurs indiquées au bas du tableau.

Appliquer pour ce **premier tour d'eau** une dose de **15-20 mm** car le déficit en eau du sol est faible.
Les seuils sont valables de 10 feuilles à 14 feuilles. S'ils ne sont pas atteints au stade 14 feuilles, le déclenchement aura lieu plus tard selon les seuils indiqués dans les tableaux du paragraphe suivant.

ATTENTION Pour obtenir la tension en cbar, multiplier la valeur lue sur les sondes par le coefficient correcteur adapté à chaque lot de sonde.

❷ Règle de retour des irrigations en l'absence de pluie

En l'absence de pluie depuis l'irrigation précédente, les tours d'eau se poursuivent selon un rythme d'apport de base sur sol de boulbènes superficielles de :



4,5 mm/jour dans le sud de la région Midi-Pyrénées	**5 mm/jour dans le nord de la région Midi-Pyrénées**
27 mm tous les 6 jours 18 mm tous les 4 jours 13 mm tous les 3 jours	25 mm tous les 5 jours 20 mm tous les 4 jours 15 mm tous les 3 jours

Cependant avant la reprise d'un nouveau tour d'eau : lire les sondes et reprendre le tour d'eau si les seuils de tension des tableaux ci-dessous sont atteints.

ATTENTION Les tensions ne pourront être utilisées que si :
- la dose des irrigations précédentes reçue au niveau des sondes (pluviomètre) est proche de la dose moyenne délivrée par le matériel (page 15),
- les tensions lues à une même profondeur sont proches : moins de 20 cbar d'écart, au moins pour 2 sondes sur 3.

Seuils de tension à atteindre en début de tour d'eau avant un nouveau tour d'eau.
Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau : ne pas les anticiper

Tour d'eau de 5 à 6 jours	**10 feuilles**	**10 feuilles + 25 jours**	**Floraison femelle**	**Floraison femelle + 15 jours**	**Humidité du grain 50 %**
Quand 2 sondes sur 3 à 30 cm ont atteint :	30 cbar	40 cbar	40 cbar	50 cbar	50 cbar
et 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint :	0-10 cbar	20 cbar	30 cbar	40 cbar	50 cbar
Ou quand la somme « tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 30 cm + tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 60 cm » a atteint	*30-40 cbar*	*60 cbar*	*70 cbar*	*90 cbar*	*100 cbar*

Si la tension à 30 cm ou 60 cm dépasse son seuil alors que celle de l'autre profondeur n'a pas atteint le seuil, veiller à ce que la somme des tensions aux deux profondeurs ne dépasse pas les valeurs indiquées au bas du tableau.

Tour d'eau de 3 à 4 jours	**10 feuilles**	**10 feuilles + 25 jours**	**Floraison femelle**	**Floraison femelle + 15 jours**	**Humidité du grain 50 %**
Quand 2 sondes sur 3 à 30 cm ont atteint :	50 cbar	50 cbar	50 cbar	60 cbar	60 cbar
et 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint :	0-10 cbar	20 cbar	40 cbar	45 cbar	50 cbar
Ou quand la somme « tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 30 cm + tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 60 cm » a atteint	*50-60 cbar*	*70 cbar*	*90 cbar*	*105 cbar*	*110 cbar*

Si la tension à 30 cm ou 60 cm dépasse son seuil alors que celle de l'autre profondeur n'a pas atteint le seuil, veiller à ce que la somme des tensions aux deux profondeurs ne dépasse pas les valeurs indiquées au bas du tableau.

Après l'irrigation

Les tensions des sondes à 30 cm baissent de 20-30 cbar après chaque irrigation, mais ne descendent pas toujours à 0 cbar.

Les tensions des sondes à 60 cm ne baissent généralement pas après une irrigation de 15 à 25 mm car le front d'humectation ne descend pas jusqu'à 60 cm.

D'un tour d'eau à l'autre les valeurs des tensions à 60 cm doivent monter (cf. le tableau des seuils ci-dessus) : c'est la garantie d'une bonne contribution de l'eau du sol donc d'une bonne irrigation.

❸ En cas de pluie

- Inférieure à 10 mm : continuer et finir le tour d'eau.

- Comprise entre 10 et 20 mm : interrompre le tour d'eau avec un jour d'arrêt pour 5 mm de pluie, puis reprendre et finir le tour d'eau. Les sondes placées en début de tour d'eau ayant déjà reçu l'irrigation du tour d'eau en cours, ne sont pas utilisables pour décider quand reprendre. Elles seront par contre utiles pour décider de la reprise du tour d'eau suivant.

- Supérieure à 20 mm et les tensions à 30 cm et à 60 cm chutent à 0 cbar : interrompre le tour d'eau, puis reprendre les irrigations quand les tensions à 30 cm et à 60 cm ont atteint les seuils des tableaux précédents

❹ Décision de dernière irrigation

<u>La décision d'effectuer un dernier tour d'eau sera prise en fonction :</u>

- du stade du maïs
- des tensions dans le sol à ce stade
- des prévisions météo

<u>A partir de la mi-août, avant de recommencer un tour d'eau,</u> repérer le stade du grain en combinant l'**observation morphologique des grains au champ** selon la méthode exposée dans la 2ème partie du guide (page 19) et les références données par les **avertissements irrigation**.

- **<u>Premier cas :</u>**
  Humidité du grain à plus de 50 % : l'irrigation n'est pas terminée : recommencer un tour d'eau en appliquant les seuils du tableau précédent.

- **<u>Second cas :</u>**
  Humidité du grain proche de 50 % :

- Si les ***tensions sont proches ou supérieures aux valeurs seuils*** du tableau précédent : refaire un tour d'eau. Après ce tour d'eau, contrôler le stade du grain pour décider.

- Si les ***tensions sont inférieures aux valeurs seuils*** : faire une nouvelle mesure du stade et des tensions dans 4 à 5 jours pour décider.

- **<u>Troisième cas :</u>**
  Humidité du grain à moins de 50 % : suivre l'évolution des tensions ; si elles atteignent les seuils dans les 6 jours qui suivent, reprendre un dernier tour d'eau à dose réduite (15-20 mm).

- **<u>Quatrième cas :</u>**
  Humidité du grain à moins de 45 % : la campagne d'irrigation est terminée.

<u>Remarque :</u>
Si la détermination du stade « humidité du grain 50 % » est particulièrement précise (mesure de l'humidité à l'étuve par exemple) : dès que ce stade est atteint, suivre l'évolution des tensions ; si elles atteignent les seuils dans les 6 jours qui suivent, reprendre un dernier tour d'eau à dose réduite (15-20 mm).



Les règles de décision pour le pilotage de l'irrigation du maïs grain en sol d'alluvions perméable

Poser 3 sondes à 30 cm et 3 sondes à 60 cm ou entre 50 et 60 cm, profondeur permise par les cailloux, à 20 cm du rang entre deux pieds de maïs, **sur une position d'irrigation située en début de tour d'eau.**

Avant de lire les tensions, afficher la température du sol sur le boîtier de lecture :

Juin	Juillet	Août	Septembre
18 °C	20 °C	20 °C	19 °C

Irrigation pour limiter les pertes par volatilisation et pour garantir l'absorption d'azote après l'apport au stade 7-8 feuilles.

Apport d'azote sous forme d'urée avec ou sans binage : en l'absence de pluie irriguer 10-15 mm rapidement après l'apport, quand cela est possible avec le matériel d'irrigation disponible.

Irrigation pour permettre une bonne alimentation en eau (règles valables même si l'apport pour dissoudre l'urée a été réalisé).

❶ Déclenchement du premier tour d'eau

Etre vigilant à partir du stade 10 feuilles, puis déclencher selon la durée du tour d'eau aux seuisl suivanst :

	Durée du tour d'eau	
	de 3 à 4 jours	de 5 à 6 jours
Quand 2 sondes sur 3 à **30 cm** ont atteint :	50 cbar	40 cbar
Quand 2 sondes sur 3 à **60 cm** ont atteint :	10 cbar	10 cbar
Ou quand la somme « tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 30 cm + tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 60 cm » a atteint :	60 cbar	50 cbar

Si la tension à 30 cm ou 60 cm dépasse son seuil alors que celle de l'autre profondeur n'a pas atteint le seuil, veiller à ce que la somme des tensions aux deux profondeurs ne dépasse pas les valeurs indiquées au bas du tableau.

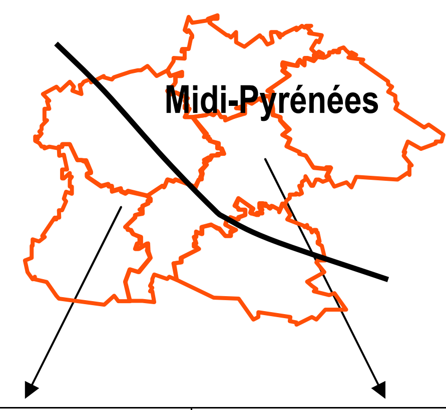
Appliquer pour **ce premier tour d'eau** une dose de **15-20 mm** car le déficit en eau du sol est faible.

Les seuils sont valables de 10 à 14 feuilles. S'ils ne sont pas atteints au stade 14 feuilles, le déclenchement aura lieu plus tard selon les seuils indiqués dans les tableaux du paragraphe suivant.

ATTENTION Pour obtenir la tension en cbar, multiplier la valeur lue sur les sondes par le coefficient correcteur adapté à chaque lot de sondes.

❷ Règle de retour des irrigations en l'absence de pluie

En l'absence de pluie depuis l'irrigation précédente, les tours d'eau se poursuivent selon un rythme d'apport de base sur sol d'alluvions perméables de :



4,5 mm/jour dans le sud de la région Midi-Pyrénées	**5 mm/jour dans le nord de la région Midi-Pyrénées**
27 mm tous les 6 jours 18 mm tous les 4 jours 13 mm tous les 3 jours	25 mm tous les 5 jours 20 mm tous les 4 jours 15 mm tous les 3 jours

Cependant avant la reprise d'un nouveau tour d'eau : lire les sondes et reprendre le tour d'eau si les seuils de tension des tableaux ci-après sont atteints.

ATTENTION Les tensions ne pourront être utilisées que si :

- la dose des irrigations précédentes reçue au niveau des sondes (pluviomètre) est proche de la dose moyenne délivrée par le matériel (page 15),

- les tensions lues à une même profondeur sont proches : moins de 20 cbar d'écart, au moins pour 2 sondes sur 3.

Seuils de tensions à atteindre en début de tour d'eau avant de lancer un nouveau tour d'eau.
Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau : ne pas les anticiper

Tour d'eau de 5 à 6 jours	10 feuilles	10 feuilles + 25 jours	Floraison femelle	Floraison femelle + 15 jours	Humidité du grain 50 %
Quand 2 sondes sur 3 à 30 cm ont atteint	40 cbar	50 cbar	50 cbar	50 cbar	50 cbar
et 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint :	10 cbar	20 cbar	25 cbar	30 cbar	50 cbar
Ou quand la somme « tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 30 cm + tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 60 cm » a atteint :	*50 cbar*	*70 cbar*	*75 cbar*	*80 cbar*	*100 cbar*

Si la tension à 30 cm ou 60 cm dépasse son seuil alors que celle de l'autre profondeur n'a pas atteint le seuil, veiller à ce que la somme des tensions aux deux profondeurs ne dépasse pas les valeurs indiquées au bas du tableau.

Tour d'eau de 3 à 4 jours	10 feuilles	10 feuilles + 25 jours	Floraison femelle	Floraison femelle + 15 jours	Humidité du grain 50 %
Quand 2 sondes sur 3 à 30 cm ont atteint	50 cbar	60 cbar	60 cbar	60 cbar	60 cbar
et 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint :	10 cbar	30 cbar	40 cbar	50 cbar	60 cbar
Ou quand la somme « tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 30 cm + tension atteinte par sondes sur 3 à 60 cm » a atteint :	*60 cbar*	*90 cbar*	*100 cbar*	*110 cbar*	*120 cbar*

Si la tension à 30 cm ou 60 cm dépasse son seuil alors que celle de l'autre profondeur n'a pas atteint le seuil, veiller à ce que la somme des tensions aux deux profondeurs ne dépasse pas les valeurs indiquées au bas du tableau.

Après l'irrigation

Les tensions des sondes à 30 cm et des sondes à 60 cm baissent après chaque irrigation et ceci d'autant plus que le sol est caillouteux et que la dose d'irrigation est élevée.
Si les tensions chutent à 0 cbar aux deux profondeurs, la dose d'irrigation est trop élevée.

D'un tour d'eau à l'autre les valeurs des tensions à 60 cm doivent monter (Cf. le tableau des seuils précédent) : c'est la garantie d'une bonne contribution de l'eau du sol donc d'une bonne irrigation.

❸ En cas de pluie

- Inférieure à 10 mm : continuer et finir le tour d'eau.
- Comprise entre 10 et 20 mm : interrompre le tour d'eau avec un jour d'arrêt pour 5 mm de pluie, puis reprendre et finir le tour d'eau. Les sondes placées en début de tour d'eau ayant déjà reçu l'irrigation du tour d'eau en cours, ne sont pas utilisables pour décider quand continuer. Elles seront par contre utiles pour décider de la reprise du tour d'eau suivant.
- Supérieure à 20 mm et les tensions à 30 cm et à 60 cm chutent : interrompre le tour d'eau, puis reprendre les irrigations quand les tensions à 30 cm et à 60 cm ont atteint les seuils des tableaux précédents

❹ Décision de dernière irrigation

La décision d'effectuer un dernier tour d'eau sera prise en fonction :

- du stade du maïs
- des tensions dans le sol à ce stade
- des prévisions météo

A partir de la mi-août, avant de recommencer un tour d'eau, repérer le stade du grain en combinant l'**observation morphologique des grains au champ** selon la méthode exposée dans la 2ème partie du guide (page 19) et les références données par les **avertissements irrigation**.

- **Premier cas :**
  Humidité du grain à plus de 50 % : l'irrigation n'est pas terminée : recommencer un tour d'eau en appliquant les seuils du tableau précédent.

- **Second cas :**
  Humidité du grain proche de 50 % :

- Si les ***tensions sont proches ou supérieures aux valeurs seuils*** du tableau précédent : refaire un tour d'eau. Après ce tour d'eau, contrôler le stade du grain pour décider.

- Si les ***tensions sont inférieures aux valeurs seuils*** : faire une nouvelle mesure du stade et des tensions dans 4 à 5 jours pour décider.

- **Troisième cas :**
  Humidité du grain à moins de 50 % : suivre l'évolution des tensions ; si elles atteignent les seuils dans les 6 jours qui suivent, reprendre un dernier tour d'eau à dose réduite (15-20 mm).

- **Quatrième cas :**
  Humidité du grain à moins de 45 % : la campagne d'irrigation est terminée.

Remarque :
Si la détermination du stade « humidité du grain 50 % » est particulièrement précise (mesure de l'humidité à l'étuve par exemple) : dès que ce stade est atteint, suivre l'évolution des tensions ; si elles atteignent les seuils dans les 6 jours qui suivent, reprendre un dernier tour d'eau à dose réduite (15-20 mm).



Les règles de décision pour le pilotage de l'irrigation du maïs grain en sol de terreforts

Poser trois sondes à 30 cm et 3 sondes à 60 cm de profondeur à 20 cm du rang entre deux pieds de maïs **sur une position d'irrigation située en début de tour d'eau**.

Avant de lire les tensions, afficher la température du sol sur le boîtier de lecture :

Juin	Juillet	Août	Septembre
18 °C	20 °C	20 °C	19 °C

Irrigation pour limiter les pertes par volatilisation et pour garantir l'absorption d'azote après l'apport au stade 7-8 feuilles.

Apport d'azote sous forme d'urée avec ou sans binage : en l'absence de pluie irriguer 10-15 mm rapidement après l'apport, quand cela est possible avec le matériel d'irrigation disponible.

Irrigation pour permettre une bonne alimentation en eau (règles valables même si l'apport pour dissoudre l'urée a été réalisé).

❶ Déclenchement du premier tour d'eau

Etre vigilant à partir du stade 10 feuilles puis déclencher selon la durée du tour d'eau aux seuils suivants :

	Durée du tour d'eau	
	de 6 à 8 jours	de 3 à 5 jours
Quand 2 sondes sur 3 à **30 cm** ont atteint :	60 cbar	70 cbar
Et quand 2 sondes sur 3 à **60 cm** ont atteint :	20 cbar	20 cbar
Ou quand la somme « tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 30 cm + tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 60 cm » a atteint :	80 cbar	90 cbar

Si la tension à 30 cm ou 60 cm dépasse son seuil alors que celle de l'autre profondeur n'a pas atteint le seuil, veiller à ce que la somme des tensions aux deux profondeurs ne dépasse pas les valeurs indiquées au bas du tableau.

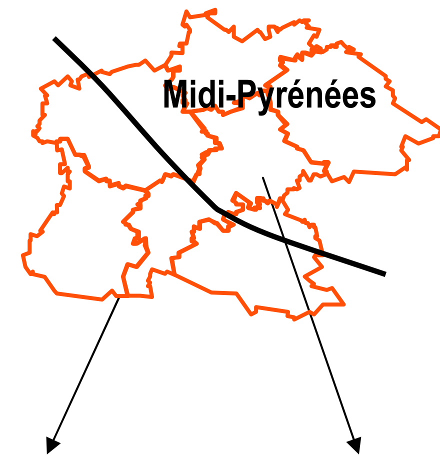
Appliquer pour ce **premier tour d'eau** une dose maximale de **20 mm** car le déficit en eau du sol est faible.

Les seuils sont valables de 10 feuilles à 14 feuilles. S'ils ne sont pas atteints au stade 14 feuilles, le déclenchement aura lieu plus tard selon les seuils indiqués dans les tableaux du paragraphe suivant.

ATTENTION Pour obtenir la tension en cbar, multiplier la valeur lue sur les sondes par le coefficient correcteur adapté à chaque lot de sonde

❷ Règle de retour des irrigations en l'absence de pluie

En l'absence de pluie depuis l'irrigation précédente, les tours d'eau se poursuivent selon un rythme d'apport de base sur sol de terreforts de :



3,8 mm/jour dans le sud de la région Midi-Pyrénées	4,3 mm/jour dans le nord de la région Midi-Pyrénées
35 mm tous les 9 jours	35 mm tous les 8 jours
30 mm tous les 8 jours	30 mm tous les 7 jours
27 mm tous les 7 jours	26 mm tous les 6 jours
19 mm tous les 5 jours	21 mm tous les 5 jours
11 mm tous les 3 jours	13 mm tous les 3 jours

Cependant avant la reprise d'un nouveau tour d'eau : lire les sondes et reprendre le tour d'eau si les seuils de tension des tableaux ci-dessous sont atteints.

ATTENTION Les tensions ne pourront être utilisées que si :
- la dose des irrigations précédentes reçue au niveau des sondes (pluviomètre) est proche de la dose moyenne délivrée par le matériel (page 15),
- les tensions lues à une même profondeur sont proches : moins de 20 cbar d'écart, au moins pour 2 sondes sur 3.

Seuils de tension à atteindre en début de tour d'eau avant de lancer un nouveau tour d'eau.
Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau : ne pas les anticiper

Tour d'eau de 6 à 9 jours	**10 feuilles**	**10 feuilles + 25 jours**	**Floraison femelle**	**Floraison femelle + 15 jours**	**Humidité du grain 50 %**
Quand 2 sondes sur 3 à 30 cm ont atteint :	60 cbar	70 cbar	80 cbar	80 cbar	80 cbar
et 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint :	20 cbar	30 cbar	50 cbar	70 cbar	80 cbar
Ou quand la somme «tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 30 cm + tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 60 cm» a atteint :	80 cbar	100 cbar	130 cbar	150 cbar	160 cbar

Si la tension à 30 cm ou 60 cm dépasse son seuil alors que celle de l'autre profondeur n'a pas atteint le seuil, veiller à ce que la somme des tensions aux deux profondeurs ne dépasse pas les valeurs indiquées au bas du tableau

Tour d'eau de 3 à 5 jours	**10 feuilles**	**10 feuilles + 25 jours**	**Floraison femelle**	**Floraison femelle + 15 jours**	**Humidité du grain 50 %**
Quand 2 sondes sur 3 à 30 cm ont atteint :	70 cbar	80 cbar	80 cbar	80 cbar	80 cbar
et 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint :	20 cbar	40 cbar	60 cbar	80 cbar	90 cbar
Ou quand la somme «tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 30 cm + tension atteinte par 2 sondes sur 3 à 60 cm» a atteint :	90 cbar	120 cbar	140 cbar	160 cbar	170 cbar

Si la tension à 30 cm ou 60 cm dépasse son seuil alors que celle de l'autre profondeur n'a pas atteint le seuil, veiller à ce que la somme des tensions aux deux profondeurs ne dépasse pas les valeurs indiquées au bas du tableau

Après l'irrigation

Les tensions des sondes à 30 cm baissent de 10 à 20 cbar après chaque irrigation, mais pas plus. On constate aussi souvent une hétérogénéité des valeurs plus marquées qu'avant l'irrigation. Ceci est dû à la difficulté de pénétration de l'eau dans les sols de terreforts et à l'irrégularité de la profondeur du front d'humectation.

Les tensions des sondes à 60 cm ne baissent généralement pas après une irrigation de 15 à 30 mm car le front d'humectation ne descend pas jusqu'à 60 cm.
D'un tour d'eau à l'autre les valeurs des tensions à 60 cm doivent monter (Cf. le tableau des seuils ci-dessus) : c'est la garantie d'une bonne contribution de l'eau du sol donc d'une bonne irrigation.

❸ En cas de pluie

- Inférieure à 10 mm : continuer et finir le tour d'eau.

- Comprise entre 10 et 40 mm : interrompre le tour d'eau avec un jour d'arrêt pour 5 mm de pluie, puis reprendre et finir le tour d'eau. Les sondes placées en début de tour d'eau ayant déjà reçu l'irrigation du tour d'eau en cours, ne sont pas utilisables pour décider quand reprendre. Elles seront par contre utiles pour décider de la reprise du tour d'eau suivant.

- Supérieure à 40 mm et les tensions à 30 cm chutent à 0 cbar ou presque : interrompre le tour d'eau puis reprendre les irrigations quand les tensions à 30 cm et à 60 cm ont atteint les seuils des tableaux précédents.

❹ Décision de dernière irrigation

La décision d'effectuer un dernier tour d'eau sera prise en fonction :
- du stade du maïs
- des tensions dans le sol à ce stade
- des prévisions météo

A partir de la mi-août, avant de recommencer un tour d'eau, repérer le stade du grain en combinant l'**observation morphologique des grains au champ** selon la méthode exposée dans la 2ème partie du guide (page 19) et les références données par les **avertissements irrigation**.

- **Premier cas :**

Humidité du grain à plus de 50 % : l'irrigation n'est pas terminée : recommencer un tour d'eau en appliquant les seuils du tableau précédent.

- **Second cas :**

Humidité du grain proche de 50 % :

- Si les ***tensions sont proches ou supérieures aux valeurs seuils*** du tableau précédent : refaire un tour d'eau. Après ce tour d'eau, contrôler le stade du grain pour décider.

- Si les ***tensions sont inférieures aux valeurs seuils*** : suivre l'évolution des tensions ; si elles atteignent les seuils dans les 6 jours qui suivent, faire un contrôle du stade à ce moment-là pour décider.

- **Troisième cas :**

Humidité du grain à moins de 50 % : l'irrigation est terminée.
Cependant, si les ***tensions sont proches des seuils*** et que les ***prévisions météo*** pour la semaine suivante indiquent un temps ***chaud et sec***, reprendre un dernier tour d'eau à dose réduite (15-20 mm).

- **Quatrième cas :**

Humidité du grain à moins de 45 % : la campagne d'irrigation est terminée.

Remarque :
Si la détermination du stade « humidité du grain 50 % » est particulièrement précise (mesure de l'humidité à l'étuve par exemple) : dès que ce stade est atteint, l'irrigation est terminée.
Cependant, si les tensions sont proches des seuils et que les prévisions météo pour la semaine suivante indiquent un temps chaud et sec, reprendre un dernier tour d'eau à dose réduite (15-20 mm).

Qui contacter ?

Personnes à contacter au sujet de la méthode IRRINOV® MAÏS GRAIN en Midi-Pyrénées

ARVALIS – Institut du végétal

Albert PORTE-LABORDE
21 Chemin de Pau
64121 MONTARDON
Tél. : 05.59.12.67.00
Fax : 05.59.12.67.10
Émail : a.porte-laborde@arvalisinstitutduvegetal.fr

Chambre Régionale d'Agriculture de Midi-Pyrénées

Christian LONGUEVAL
24 Chemin de Borde Rouge
Auzeville
BP 22107
31321 CASTANET TOLOSAN CEDEX
Tél : 05.61.75.26.00
Fax : 05.61.73.16.66
Émail : ch.longueval@cra-mp.org

Chambre d'Agriculture de l'Ariège

Jean CASTAGNE
Cantegril
09100 VILLENEUVE DU PAREAGE
Tél : 05.61.60.15.30
Fax : 05.61.60.16.08
Émail : jean.castagne@ariege.chambagri.fr

Chambre d'Agriculture de la Haute-Garonne

Jean BOUSSAGUET – Jacques GEORGES
28 Route d'Eaunes
BP 214
31605 MURET CEDEX
Tél : 05.34.46.08.50
Fax : 05.61.51.34.69
Émail : jean.boussaguet@agriculture31.com
jacques.georges@agriculture31.com

Chambre d'Agriculture du Gers

Thierry BAQUE
Maison de l'Agriculture
Route de Mirande
BP 161
32003 AUCH CEDEX
Tél : 05.62.61.77.77
Fax : 05.62.61.77.07
Émail : t.baque@gers.chambagri.fr

Chambre d'Agriculture des Hautes-Pyrénées

Marc FOURCADE
22 Place du Foirail
65917 TARBES CEDEX 9
Tél : 05.62.34.66.74
Fax : 05.62.93.59.95
Émail : m.fourcade@hautes-pyrenees.chambagri.fr

Chambre d'Agriculture du Tarn

Jean-François DELSUC
Route de Gaillac
81500 LAVAUR
Tél : 05.63.58.01.64
Fax : 05.63.58.91.68
Émail : jf.delsuc@tarn.chambagri.fr

Chambre d'Agriculture du Tarn-et-Garonne

Elodie BESSONNET
130 Avenue Marcel Unal
82017 MONTAUBAN CEDEX
Tél : 05.63.63.51.52
Fax : 05.63.63.86.25
Émail : grandes.cultures@tarn-et-garonne.chambagri.fr

Challenge Agriculture

Rue Fleurie
37340 AUBILLON
Tél : 02.47.52.42.12
Fax : 02.47.52.47.27
Émail : cha@terre-net.fr

Conditions Générales d'utilisation des Guides IRRINOV®

Les présentes Conditions Générales d'Utilisation s'appliquent à tout utilisateur des Guides IRRINOV®. Elles peuvent être modifiées à tout moment et sans préavis, et il convient donc de les consulter régulièrement.

IRRINOV® est une méthode de conduite de l'irrigation, mise au point par ARVALIS - Institut du végétal et ses partenaires techniques nationaux et régionaux figurant sur chaque guide. Les Guides IRRINOV® sont édités par culture dans des guides régionaux accessibles en ligne notamment sur le site web de ARVALIS - Institut du végétal. Ces guides rassemblent les règles de décision pour l'application de la méthode et ses domaines d'utilisation.

Les Guides IRRINOV® sont développés et exploités par ARVALIS - Institut du végétal et ses partenaires régionaux identifiés au niveau de chaque guide. Tous les éléments les composant, et notamment les marques, logos, noms de domaine et autres signes distinctifs apparaissant dans les Guides IRRINOV® sont protégés, et appartiennent à ARVALIS - Institut du végétal ou à ses partenaires. ARVALIS - Institut du végétal et/ ou ses partenaires techniques, selon la région, sont seuls producteurs des informations ou des références, figurant dans les Guides IRRINOV®.

Aucun élément composant les Guides IRRINOV® ne peut être copié, reproduit, modifié, réédité, chargé, dénaturé, transmis ou distribué de quelque manière que ce soit, sur quelque support que ce soit, de façon partielle ou intégrale, sans l'autorisation écrite et préalable d'ARVALIS - Institut du végétal. ARVALIS - Institut du végétal se réserve le droit de poursuivre toute atteinte à ses droits de propriété intellectuelle ou à ceux de ses partenaires.

ARVALIS - Institut du végétal s'efforce d'assurer au mieux de ses possibilités la diffusion, l'exactitude et la mise à jour des Guides IRRINOV®. Toutefois, ARVALIS - Institut du végétal ne peut garantir l'exactitude, la mise à jour ou l'exhaustivité des informations mises à la disposition dans les Guides IRRINOV®, qui ne peuvent servir que d'éléments de prise de décision pour l'utilisateur à qui il appartient– d'apprécier l'adéquation des résultats à la particularité de son exploitation agricole. En conséquence, et à l'exception des dommages directs résultant d'une faute grave et délibérée, ARVALIS - Institut du végétal décline toute responsabilité pour toute imprécision, inexactitude ou omission portant sur des informations disponibles dans les Guides IRRINOV® et pour toute prise de décision et tout résultat qui pourraient être obtenus par l'usage de ces informations.

Pour tout différend concernant l'utilisation des Guides IRRINOV, il sera si nécessaire fait application du droit français et recours aux tribunaux compétents de Paris.

Editeur des Guides IRRINOV :
ARVALIS - Institut du végétal 3, rue Joseph et Marie Hackin 75 116 Paris
Directeur de la publication :
Elisabeth Fabre, responsable du service Communication – Marketing
Contact et renseignements :
Service Communication-Marketing, Boigneville, tél : 01 64 99 22 00

4ème partie :

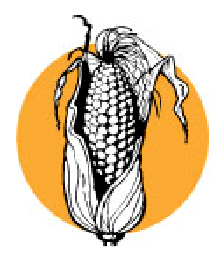
CARNET DE TERRAIN

Carnet de terrain

Vous trouverez dans les pages suivantes, les feuilles du carnet de terrain à découper et à agrafer en respectant l'ordre des numéros de page.

ATTENTION Agrafer les pages 12 et 13, 14 et 15 en vis-à-vis pour une meilleure utilisation.

Alors, vous pourrez utiliser le carnet de terrain en cours de campagne : il se glisse dans la pochette du boîtier de lecture des sondes et vous reporterez sur ce carnet les principales règles de décisions et vos observations.



IRRINOV® MAÏS GRAIN

Carnet de terrain

Les points clefs de la méthode et un recueil des observations au champ : stades, tensions, pluies, irrigations

Vous trouverez dans le carnet terrain :

Température du sol

Reporter ici les températures du sol à introduire dans le boîtier Watermark® pour les mesures des sondes situées à 30 cm et 60 cm de profondeur

JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE

Vous trouverez sur le boîtier Watermark® les indications pour afficher et modifier la température.
Il est conseillé de vérifier la température affichée dans le boîtier avant la lecture des tensions

Lecture des sondes tensiométriques

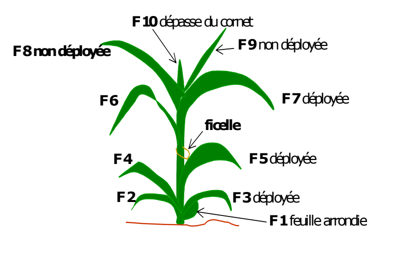
- Lecture des sondes : elle peut commencer 2 à 3 jours après la pose des sondes.
- Fréquence de lecture :
  - Avant la première irrigation :
    - 1 fois par semaine puis tous les 2-3 jours dès qu'il fait sec.
  - En cours de campagne :
    - avant chaque irrigation pour confirmer ou pas le début d'un nouveau tour d'eau,
    - 24 h à 36 h après chaque irrigation pour connaître l'efficacité de celle-ci (éviter les mesures avant 24 h peu stables),
    - après une pluie significative pour connaître son efficacité.

STADE "10 FEUILLES"

Ce stade est atteint quand la 10ème feuille est visible sur la moitié des pieds.

Sont compris dans les 10 feuilles :

- la feuille arrondie à la base,
- les feuilles complètement déployées dont la ligule est visible,
- les feuilles dans le cornet non complètement déployées.



Vers le stade 7 feuilles :

- repérer 10 pieds **consécutifs** représentatifs du stade dominant,
- délimiter la placette de 10 pieds par des piquets car ils seront utilisés pour déterminer la date de la floraison,
- placer un rond de ficelle au-dessus de la 5ème feuille ligulée y compris la première feuille arrondie à la base.

Dès 8 feuilles présentes effectuer 3 passages à 2 jours d'intervalle pour compter le nombre de feuilles par pied : la ficelle représente 5 feuilles et augmenter ce chiffre de 1 par feuille visible au-dessus de la ficelle.

Stade 10 feuilles	Pour chaque pied mettre une croix quand le stade "10 feuilles" est atteint			
	Parcelle : .... Variété :			
Date / N° de pied				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Nombre de pieds à 10 feuilles et plus				

Le stade "10 feuilles" est atteint quand le nombre de pieds à 10 feuilles et plus est égal à 5.
Date du stade "10 feuilles" visibles : ....

STADE "FLORAISON FEMELLE"

Ce stade est atteint quand les soies sont visibles sur la moitié des pieds.



Dès la sortie des premières soies, compter sur les 10 pieds **consécutifs** précédents, le nombre de pieds avec soies visibles, tous les 2 jours jusqu'à ce que le stade soit atteint.

	Nombre de pieds avec soies visibles			
	Parcelle : .... Variété :			
Date				
Nombre de pieds avec soies visibles				

Date de floraison femelle (au moins 5 pieds avec soies visibles) : ....

REPÉRAGE DU STADE "HUMIDITE DU GRAIN 50 %" PAR OBSERVATION MORPHOLOGIQUE

A partir de la mi-août :

- Choisir une **zone représentative** (sans pieds manquants ni malades).
- Sur **3 rangs contigus**, prélever **5 épis normaux par rang** et enlever les spathes.
- Casser chacun des épis en deux parties égales : l'observation visuelle doit être impérativement réalisée sur la **couronne centrale côté pointe de l'épi**.
- Repérer sur chaque grain de la couronne la limite entre la **zone jaune orange brillante d'allure vitreuse au sommet du grain, sans lait** et le reste du grain de couleur plus claire et avec du lait (en piquant avec une aiguille et en pressant on voit une goutte perler).
- Choisir un **grain représentatif de la couronne** (tous les grains d'une couronne ne sont pas au même état d'avancement), le **détacher** et apprécier sur la ligne médiane du grain côté opposé au germe la **proportion de cette zone jaune orange brillante**.
- **Comparer le grain choisi aux schémas de la grille de notation** présentée ci-après et lui attribuer une note d'observation morphologique.

ATTENTION : choisir le tableau correspondant à la précocité de votre variété !

Tableau 1

Variétés Précoces et Demi-Précoces			
NOTE 1	**NOTE 2**	**NOTE 3**	**NOTE 4**
NB : au sein de la couronne, quelques grains peuvent avoir une zone d'allure vitreuse délimitée	NB : au sein de la couronne, quelques grains n'ont pas encore de zone d'allure vitreuse délimitée	NB : au sein de la couronne, une très grande majorité de grains ont une zone d'allure vitreuse délimitée	NB : 100 % des grains de la couronne ont une zone d'allure vitreuse très clairement délimitée

Tableau 2

Variétés Demi-Tardives, Tardives et Très Tardives			
NOTE 1	**NOTE 2**	**NOTE 3**	**NOTE 4**
NB : au sein de la couronne, quelques grains peuvent avoir une zone d'allure vitreuse délimitée	NB : au sein de la couronne, certains grains peuvent ne pas avoir de zone d'allure vitreuse délimitée	NB : au sein de la couronne, une très grande majorité de grains ont une zone d'allure vitreuse délimitée	NB : 100 % des grains de la couronne ont une zone d'allure vitreuse très clairement délimitée

Remplir le tableau suivant en mettant dans la bonne case chacun des 15 épis

Date	Parcelle : ………………..…	Note 1	Note 2	Note 3	Note 4	TOTAL	STADE
	Mettre une marque par épi						
	Nombre d'épis par note					15	
	Mettre une marque par épi						
	Nombre d'épis par note					15	
	Mettre une marque par épi						
	Nombre d'épis par note					15	

Déterminer le stade du maïs à partir du tableau ci-dessous et reporter le dans la dernière colonne du tableau ci dessus :

	STADE DU GRAIN
Si la majorité des épis ont la note 1	plus de 50 % d'humidité
Si la majorité des épis ont la note 2	proche de 50 % d'humidité
Si la majorité des épis ont la note 3	moins de 50 % d'humidité
Si la majorité des épis ont la note 4	moins de 45 % d'humidité

Date	Parcelle : ………………..…	Note 1	Note 2	Note 3	Note 4	TOTAL	STADE
	Mettre une marque par épi						
	Nombre d'épis par note					15	
	Mettre une marque par épi						
	Nombre d'épis par note					15	
	Mettre une marque par épi						
	Nombre d'épis par note					15	

Date	Parcelle : ………………..…	Note 1	Note 2	Note 3	Note 4	TOTAL	STADE
	Mettre une marque par épi						
	Nombre d'épis par note					15	
	Mettre une marque par épi						
	Nombre d'épis par note					15	
	Mettre une marque par épi						
	Nombre d'épis par note					15	

PENSE-BÊTE POUR LE PILOTAGE DES IRRIGATIONS

(reporter ci-dessous les principales règles)

DÉCLENCHEMENT DES IRRIGATIONS

RETOUR DES IRRIGATIONS

SI PLUIE	ARRÊT DES IRRIGATIONS

FICHE D'ENREGISTREMENT TENSION, PLUIE, IRRIGATION, STADE

Nom de parcelle : ……………………………………………………………………

Variété : ………………………………………………………… Date de semis : ………………………

Durée du tour d'eau : …………jours Sol : …………… **Coefficient correcteur sonde** : …………………

Reporter vos seuils de déclenchement à retenir (en cbar) :

	10 feuilles	10 feuilles + 20 à 25 jours	Floraison femelle	Floraison femelle + 15 jours	Humidité du grain 50 %
30 cm					
60 cm					

	Numéro sonde tensiométrique						Stade maïs : - 10 feuilles - floraison femelle - humidité grain 50 %	Pluviomètre		Irrigation souhaitée (dose moyenne délivrée par le matériel d'irrigation) (Cf. contrôle p 16) (mm)
	1	2	3	4	5	6		Pluie (mm)	Irrigation (mm)	
Profondeur en cm ➔ Dates ↓										

ATTENTION : multiplier les valeurs lues par les coefficients correcteurs pour obtenir la tension en cbar

	Numéro sonde tensiométrique						Stade maïs : - 10 feuilles - floraison femelle - humidité grain 50 %	Pluviomètre		Irrigation souhaitée (dose moyenne délivrée par le matériel d'irrigation) (mm)
	1	2	3	4	5	6		Pluie (mm)	Irrigation (mm)	
Profondeur en cm ➔ Dates 🡻										

ATTENTION : multiplier les valeurs lues par les coefficients correcteurs pour obtenir la tension en cbar

CONTRÔLE DE LA DOSE D'IRRIGATION MOYENNE DÉLIVRÉE PAR LE MATÉRIEL

- Canon enrouleur

Marque + type canon :	Contrôle 1	Contrôle 2	Contrôle 3
Diamètre buse (mm ou pouce)			
Pression canon (bar)			
Stable (oui-non)			
Volume en m^3 : compteur			
Ou D débit m^3/h : abaque Et t* durée de la position (h)			
Calcul D x t = V			
L longueur PET déroulé (m)			
E écartement entre deux passages (m)			
Dose en mm = $\frac{V}{L \times E} \times 1\,000 = \frac{D\,t \times 1000}{L \times E}$			

*t = durée de la position temporisation non comprise

- Couverture intégrale

	Contrôle 1	Contrôle 2	Contrôle 3
Diamètre buse (mm ou pouce)			
Pression à la buse (bar)			
Dose en mm = $\frac{D \times t}{l \times L} \times 1\,000 = \frac{V}{l \times L} \times 1\,000$			

D = débit en m^3/h d'un arroseur
t = durée de la position en heures
l = largeur de la maille en mètres (intervalle entre deux arroseurs)
L = longueur de la maille en mètres (intervalle entre deux lignes)
V = volume en m^3 délivré **par un arroseur** pendant t

- Pivot, rampe sur enrouleur ou autonome

	Contrôle 1	Contrôle 2	Contrôle 3
D débit m^3/h			
t durée arrosage en heures			
Mode de calcul ou de mesure du volume D x t			
S surface arrosée en m²			
Dose en mm = $\frac{D \times t}{S} \times 1\,000$			